

## KANTAKARTAN VÄRIT KUVARUUDULLA

Teknillisen korkeakoulun rakennus- ja maanmittaus-  
tekniikan osaston maanmittaustekniikan laitoksen  
kartografian laboratoriossa tehty diplomityö.

Espoo, lokakuu 1994

*Mika Mannerves*

Mika Mannervesi  
tekniikan ylioppilas



Valvoja ja ohjaaja: apul. prof. Kirsi Artimo

**Tekijä ja työn nimi:** Mika Mannervesi

Kantakartan värit kuvaruudulla

**Päivämäärä:** 31.10.1994**Sivumäärä:** 65**Osasto:** Rakennus- ja maanmittaustekniikan  
osasto, maanmittaustekniikan laitos**Professuuri:**  
Maa-6. Kartografia  
**Syventymiskohde:**  
Kartografia**Työn valvoja:** Apul. prof. Kirsi Artimo**Työn ohjaaja:** Apul. prof. Kirsi Artimo

Työn tarkoituksena oli selvittää värillisten kuvaruutukarttojen käyttöä vektorimuotoisen numeerisen aineiston visualisoinnissa ja tutkia olemassa olevien teorioiden soveltuvuutta kuvaruutukarttojen värisuunnittelua ohjaamaan. Koetyönä laaditiin erilaisia värimalleja Joensuun kaupungin kantakartta-aineiston visualisoimiseksi.

Selvitystyö tehtiin tutustumalla yleisimpiin kartantuotanto-ohjelmistoihin vierailemalla käyttäjien ja ohjelmistotuottajien luona. Koetyö toteutettiin TKK:n tiloissa ja laitteistolla Joensuun kaupungin kartta-aineistolla ja rahoituksella.

Työ osoitti, että kuvaruutukarttojen värisuunnittelua ohjaavan teorian puuttuessa voidaan toistaiseksi soveltaa sekä painetun kartan värisuunnitteluun liittyvää kartografista tietämystä että tietotekniikan alan tutkimustuloksia tietokonegrafiikasta ja näyttöpäätteiden ergonomiasta, kun huomioidaan kuvaruutukartalle ominaiset erityispiirteet.

Värimallien suunnittelu ja muuntelu on nykyisissä paikkatieto-ohjelmissa helppoa, joten tiedon käyttäjille voidaan antaa laajat mahdollisuudet laatia itse mieleisiään värimalleja. Värisuunnittelua ei kuitenkaan saa jättää kokonaan käyttäjän vastuulle, vaan tarjolla on oltava valmis huolellisesti suunniteltu värimalli.

Kuvaruutukartan värisuunnittelussa on lisäksi muistettava värimallien visuaalisten ominaisuuksien laitteistoriippuvuus. Sovellettaessa valmiita värimalleja eri laiteympäristöissä on aina varmistuttava värimallin käyttökelpoisuudesta visuaalisesti.

**Avainsanat:** kuvaruutukartta, värimalli, additiivinen  
värinmuodostus, RGB-järjestelmä**Kieli:** suomi

**Author and the name of the thesis:**

Mika Mannervesi

Colour visualization of base map on screen

**Date:** 31.10.1994**Number of pages:** 65**Department:**

Faculty of civil engineering and surveying

**Professorship:**

Cartography

**Special subject:**

Cartography

**Supervisor:** Assoc. Prof. Kirsi Artimo**Instructor:** Assoc. Prof. Kirsi Artimo

The purpose of this thesis was to study the use of coloured screen maps in visualizing vector formatted digital data and to study the suitability of the contemporary theories in colour planning of screen maps. As an experimental work different kinds of colour patterns were made to visualize the Base Map material of Joensuu town.

Users and producers of the most general map production programs were visited to get an idea of the current state of art in colour planning. The experimental work was accomplished in rooms and hardware of the Helsinki University of Technology and by the map material and financing of Joensuu town.

The work showed that in lack of the theory that leads the planning of the screen maps the cartographic knowledge which is connected to the colour planning of a printed map as well as the research results in profession of the data processing in computer graphics and ergonomy of the display terminal when special features characteristic to the screen map are observed.

The planning and modifying of the colour patterns is easy by using the present GIS- and map producing programs. The user of the data can use extensive possibilities to make pleasing colour patterns by himself. The colour planning, however, should not be left entirely as a responsibility of the user but there should be a prepared and carefully planned colour pattern at hand.

In colour planning of screen maps the hardware dependence of the visual qualities of colour patterns has to be taken into account. In adaption of the ready made colour patterns in different hardware surroundings one always has to make the visual check, in order to be sure about the final result.

**Key words:** screen map, additive colour model, RGB-, HSV- and HLS- colour models**Language:** Finnish

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Teknillisen Korkeakoulun kartografian laboratorion tiloissa ja työvälaineillä Joensuun kaupungin tilauksesta.

Tämän työn tekemisessä annetusta ohjauksesta ja avusta haluan kiittää apulaisprofessori Kirsi Artimoa Teknillisen Korkeakoulun kartografian laboratoriosta ja karttateknikko Matti Toivasta Joensuun kaupungin kiinteistö- ja mittausosastolta sekä niitä eri organisaatioiden edustajia, jotka suhtautuivat myönteisesti haastattelupyyntöihini. Haluan myös kiittää kaikkia työ- ja opiskelutovereitani työni eri vaiheissa osoitetusta kannustuksesta sekä erityisesti vaimoani Tuijaa hänen korvaamattomasta tuestaan.

Espoossa, lokakuu 1994

Mika Mannervesi



# KANTAKARTAN VÄRIT KUVARUUDULLA

1. Johdanto	1
2. Värinäkeminen ja värinmuodostus	2
2.1. Värien ominaisuudet	2
2.2. Värien havaitsemisesta	4
2.3. Kontrasti ja harmonia	6
2.4. Värien määrittäminen additiivisessa värinmuodostuksessa	8
2.5. Värien määrittäminen subtraktiivisessa värinmuodostuksessa	10
2.6. Kuvaruudun värinmuodostuksesta	11
2.7. Värien käytöstä kuvaruutukartalla	17
2.8. Eri värien soveltuvuus kuvaruutukartalla käytettäväksi	22
2.9. Oikean värin valinnasta	26
3. Kuvaruutukartat ja niiden käyttö	28
3.1. Värien käyttöä kartalla säätelevät määräykset ja ohjeet	31
3.2. Nykyiset käytännöt kuvaruutukartan väreinä	39
3.3. Värien käytön vaikutus kuvaustekniikkaan	41
3.4. WYSIWYG-ongelmat kuvaruutukartan ja paperitulosteen värien yhdenmukaisuudessa	42
4. Koetyöt	46
4.1. Koetyössä käytetty järjestelmä	46
4.2. Koeaineisto	48
4.3. Koetyöt	49
5. Koelehden värisuunnitelma	52
5.1. Käytettävät värit	52
5.2. Koetöissä laadittuja värimalleja viivakartoille	53
5.3. Ehdotus kuvaruutukantakartan värimalliksi	59
6. Johtopäätöksiä	62
7. Yhteenveto	64

## 1. JOHDANTO

Viimeisen kahden vuosikymmenen aikana ovat karttojen tuotanto- ja kuvaustavat Suomessa muuttuneet rajusti. Kuusikymmentäluvulla siirryttiin pahvisista, värillisistä kaupunkien kantakartoista muovisiin mustalla tussilla piirrettäviin karttoihin. Sama kehitys on tapahtunut myös muulle kaupungin käytössä olevalle kartta-aineistolle. Nykyään kuntien alueilta tuotetaan värillisinä mm. eri mittakaavaisia yleiskaava-, asemakaava-, ajantasa-asemakaava-, opas- ja peruskarttoja. Lisäksi johtokartoille on määritelty eri johtotyyppien väritys standardissa (SFS 3161). Kaavakarttojen paperikopiot, joiden värit on määrätty yleisillä ohjeilla, on yleensä väritetty käsin. Muuten värejä on käytetty vain painetuissa kartoissa.

Kahdeksankymmentäluvulta alkaen kunnat ovat ottaneet käyttöön omia karttaohjelmistojaan ja paikkatietojärjestelmiään, jotka mahdollistavat siirtymisen kokonaan numeeriseen karttatuotantoon. Käyttöliittymä paikkatietojärjestelmään toteutetaan usein kuvaruutukarttana. Kaava-, johto- ja opaskartat voidaan jo nyt toteuttaa värillisinä ulkoasultaan perinteisen kartan kaltaisina kuvaruutukarttoina.

Kunnan kantakartan toteuttaminen kuvaruudulla ei ole yhtä yksinkertaista. Mustavalkoinen kantakartta on kuvaruudulla ulkoasultaan epäselvä ja epähavainnollinen. Epätäsmällisyyden vaikutelmaa lisää näytön resoluution vaikutus ohuiden viivamaisten kohteiden ulkoasuun. Ongelma voidaan ratkaista tuottamalla kuvaruudulle värillinen kantakartta. Tällaisen kartan laatimista eivät toistaiseksi ohjaa eivätkä säätele mitkään yleiset määräykset.

Tässä työssä pyrittiin määrittämään kuvaruudulla esitettävän kantakartan kohteille värit, jotka takaavat kartalle selkeän ja havinnollisen ulkoasun. Työssä rajoituttiin kantakartan pistemäisiin ja viivamaisiin kohteisiin, joille pyrittiin löytämään sopivimmat värit kokeilemalla erilaisia värimalleja kuvaruutukartalla. Kokeiltavat värit määritettiin additiivisen värinmuodostuksen RGB-värijärjestelmässä. Koetyönä määritettiin ja vertailtiin kuvaruutukantakartan piste- ja viivatyypisten kohteiden erilaisia värimalleja. Koetyöaineisto saatiin Joensuun kaupungista.

## 2. VÄRINÄKEMINEN JA VÄRINMUODOSTUS

### 2.1. Värin ominaisuudet

Näkyvä valo on elektromagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on 380 - 770 nm. Valo koostuu usean eri aallonpituuden omaavasta säteilystä. Ihminen aistii valon eri aallonpituudet erilaisina väreinä. Voidaan sanoa, että väri on ihmisen havainnointijärjestelmän vaste silmän verkkokalvolle osuneen valon aallonpituudesta. Aistimuksen laadun määrittävät valon aallonpituuskoostumus ja valon määrä eli valovoima.

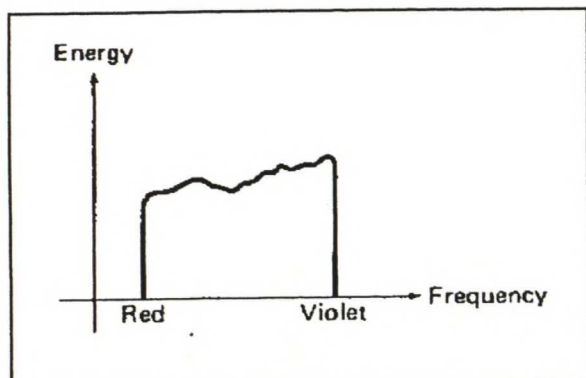
Jokaista näkyvän valon aallonpituutta vastaa jokin tietty värisävy. Punaisen värin aallonpituus on pisin ja violetin lyhyin. Akromaattiset värit valkoinen, musta ja harmaa muodostuvat usean eri aallonpituuden säteilystä. Valkoinen valo sisältää kaikki näkyvän säteilyn aallonpituudet (Työterveyslaitos 1985a).

Väreihin ja väriaistimukseen liittyy lukuisia ominaisuuksia, jotka vaihtelevat ihmisestä ja hänen mieltymyksistään riippuen. Värejä voidaan arvioida mm. värisävyn, kirkkauden tai tummuuden, heleyden ja puhtauden perusteella. Näille ominaisuuksille on olemassa lukuisia synonyymejä tai termejä, joiden merkitys on hyvin samanlainen. Puhutaan esimerkiksi yhtä hyvin värin vaaleudesta kuin sen tummuudesta. Toisaalta joillekin värin kirkkaus merkitsee samaa kuin värin puhtaus. Jäljempänä selvitetään, mitä nimityksiä tässä työssä käytetään värin ominaisuuksista. Värin kirkkaus tai tummuus riippuu valon intensiteetistä eli säteilyn voimakkuudesta. Mitä pienempi on valon intensiteetti, sitä tummempi on aistittava väri.

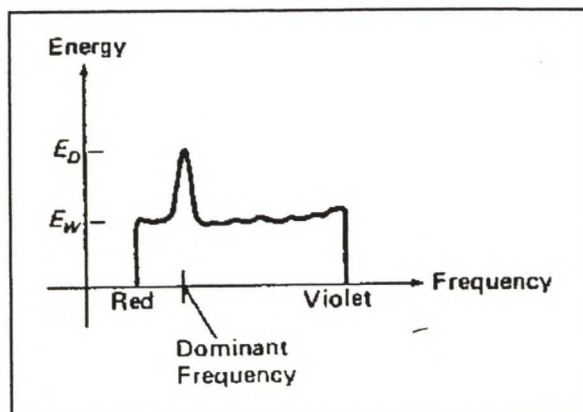
Minkälaisen aistimuksen valosta saa, riippuu siitä, mistä aallonpituuksista säteily koostuu. Jos pitkät aallonpituudet ovat vallitsevia, valo näyttää punaiselta. Vallitsevat aallonpituudet määrittävät valon sävyn. Punainen, sininen, vihreä jne. ovat eri sävyjä. Päävärien lisäksi voidaan erottaa säteilyn vallitsevan aallonpituuden mukaan yli 120 värisävyä. Puheessa käytetään usein sävyn asemesta termiä "väri" (Hearn et al. 1986, Sainio 1992, Työterveyslaitos 1985a).



Värin puhtaus kuvaa sävyn määräävän aallonpituuden hallitsevuutta valon aallonpituusjakaumassa. Mitä kapeampi on säteilyn aallonpituuden kaistaleveys tai mitä suurempi osa säteilystä on vallitsevan sävyn alueelta, sitä puhtaampi väri on kyseessä (Hearn 1986, Väri ja värinäkeminen 1985).



Kuva 2.1. Valkoisen valon säteilyenergia eri taajuuksilla (Hearn et al. 1986).



Kuva 2.2. Värillisen valon energiajakauma (Hearn et al. 1986).

Värin sävy, tummuus ja puhtaus voidaan määrittää tutkimalla säteilyn energiajakaumaa eri aallonpituuksille. Valkoisessa valossa säteilyn energia on jakautunut tasaisesti koko näkyvän valon aallonpituusalueelle (kuva 2.1). Kun jokin aallonpituus erottuu säteilystä vallitsevana, on energiajakauma kuvassa 2.2 näkyvän kaltainen. Valon voidaan sanoa olevan selvästi sen väristä kuin hallitseva aallonpituus määrää.

Jos hallitsevan aallonpituuden energia on  $E_D$  ja muut aallonpituudet tuottavat valkoista valoa, jonka energia on  $E_W$ , voidaan näiden avulla selvittää värin tummuus ja puhtaus. Tummuus (kirkkaus) saadaan laskemalla energiakäyrän ja aallonpituusakselin väliin jäävän alueen pinta-ala ja puhtaus riippuu  $E_W$ :n ja  $E_D$ :n suhteesta. Jos  $E_W = 0$ , puhtaus on 100% ja jos  $E_W = E_D$ , puhtaus on 0% (Hearn et al. 1986).

Väriaistimuksen synnyttää valo, joka kulkee ihmisen silmään joko suoraan valonlähteestä tai heijastuen jostain pinnasta. Värejä voidaan muodostaa sekoittamalla eri värejä additiivisesti tai subtraktiivisesti. Additiivinen värin muodostus perustuu eriväristen valojen sekoittamiseen. Tällöin valonsäteily lisääntyy ja syntyvän väriyhdistelmän kirkkaus on suurempi kuin alkuperäisten valonsäteiden. Kuvaruudun värinmuodostus tehdään tällä menetelmällä. Subtraktiivisessa sekoituksessa



sekoitetaan eri pintavärejä. Sekoittamalla saatu väripinta imee heijastuvasta valosta sitä enemmän säteilyä, mitä useampia värejä on sekoitettu keskenään. Syntyvä värisävy on alkuperäistä tummempi. Esimerkiksi sekoittamalla syaania ja keltaista saadaan vihreää väriä (Työterveyslaitos 1985a).

## 2.2. Värien havaitsemisesta

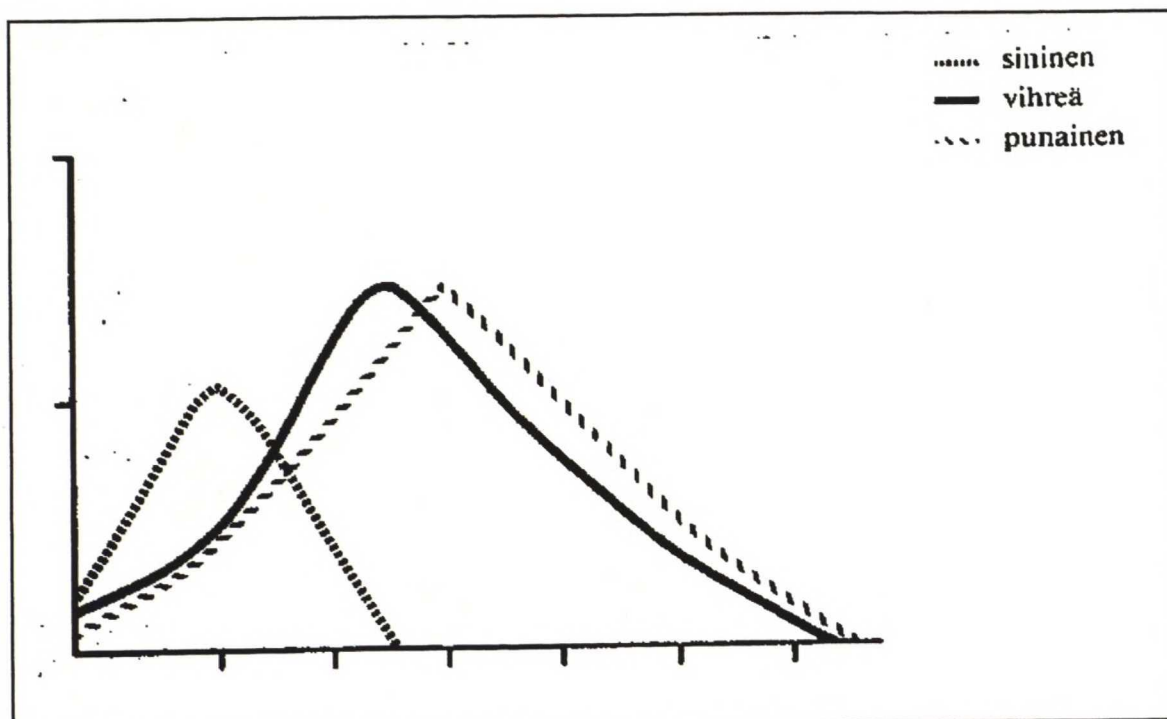
Silmään tuleva valonsäde kulkee sarveiskalvon ja linssin läpi ja osuu verkkokalvolle, jossa se kohtaa valoa vastaanottavia soluja, jotka välittävät aivoille tietoa muodostuneen kuvan ääriviivoista ja väreistä. Valoa vastaanottavat solut eli valoreseptorit on solumuotonsa ja ominaisuuksiensa perusteella jaettu kahteen luokkaan, sauvoiksi ja tapeiksi.

Sauvoja on yli 100 miljoonaa ja ne ovat hyvin valonherkkiä. Ne toimivat heikossa-kin valaistuksessa. Sauvasolujen avulla voidaan aistia valaistuseroja, mutta ei havaita eri värejä. Tapit ovat erikoistuneet värien erottamiseen, mutta ne eivät toimi heikossa valaistuksessa (Työterveyslaitos 1985a).

Valoreseptoreissa on väriainetta eli näköpigmenttiä, josta osa hajoaa valon vaikutuksesta. Tästä aiheutuu sähköinen signaali, jonka näköhermot välittävät aivoihin. Jos valoärsytys on ollut voimakas, kestää jonkin aikaa, ennen kuin hajonnut pigmentti muodostuu uudelleen alkuperäiseksi yhdisteeksi (Keates 1982).

Sauvojen näköpigmentti, rodopsiini eli näköpurppura, absorboi eniten sinivihreää valoa, jonka aallonpituus on noin 500 nm. Tappeja oletetaan olevan kolmenlaisia: siniselle, punaiselle tai vihreälle herkkää näköpigmenttiä sisältäviä (kuva 2.3). Punaiselle herkkiä soluja on n. 64 %, vihreälle herkkiä 32 % ja siniselle herkkiä vain n. 2 % (Työterveyslaitos 1985a).

Tappeja on vain verkkokalvon keskialueella, eniten tarkan näkemisen alueella eli foveassa. Sen koko vastaa noin neljän asteen avaruuskulmaa (Keates 1982). Värinäkemisen alue on siis pienempi kuin valkoisen valon aistiva alue. Sinisen värien havaitsemiseen erikoistuneiden tappien alue on suurin ja punaisen ja vihreän värien pienimmät. Jos vihreä väri on 10-20 astetta katseen suunnasta sivussa, sitä ei



Kuva 2.3. Ihmissilmän tappisolujen herkkydet eri aallonpituusalueilla (Työterveyslaitos 1985a).

havaita, kun sinisellä värillä vastaava raja kulkee 25-40 asteen kohdalla (Työterveyslaitos 1985b). Tämä on otettava huomioon esimerkiksi tietokoneanimaatiota toteutettaessa. Teknillisen korkeakoulun Geodesian ja kartografian laboratoriossa on tehty harjoitustyönä liikennelaskentatietoja havainnollistava 2D-animaatio AIKAD (Andersson, Fontell, Kymäläinen 1991). Se on vektorikartta, jossa teiden leveyttä, väriä tai molempia muuttamalla kuvataan ajan mukana muuttuvaa liikennemäärää. Kartan ymmärtäminen edellyttää, että teiden värin ja leveyden erot voidaan havaita nopeasti kautta koko kuvaruudun. Varsinkin läheltä tarkasteltaessa kuvaruudun reuna-alueilla tapahtuvaa muutosta on vaikea havaita, jos tiet on kuvattu jollakin muulla värillä kuin sinisellä.

Jotta väri havaittaisiin, sen on oltava näkyvissä yli 50-200 ms. Varsinkin kellanvihreä ja magenta erottuvat huonosti, jos ne esiintyvät vain lyhyen aikaa. Väriä ei myöskään voi erottaa, jos näkyvän kohteen valotiheys on alle  $0,001 \text{ cd/m}^2$ . Jos kohde on niin kaukana, että se mahtuu alle 15 minuutin katselukulmaan, siitä ei voi erottaa eri värejä. Värin havaitsemiseen vaikuttavat sen aallonpituus ja puhtaus. Aallonpituudeltaan selvästi eroavat puhtaat värit on helpointa erottaa toisistaan. Puhtauden vähetessä ja aallonpituuksien lähetessä toisiaan tehtävä tulee vaikeammaksi (Työterveyslaitos 1985b).

Ihmissilmä kykenee erottamaan noin 128 eri värisävyä ja noin 130 erilaista värin puhtauden astetta. Jokaisesta sävy-puhtaus-yhdistelmästä voidaan, sävystä riippuen, erottaa noin 16-23 erilaista kirkkausastetta. Ihminen voi näin ollen teoriassa erottaa  $128 \times 130 \times 23 = 382\,720$  eri väriä (Hearn et al. 1986).

## 2.3. Kontrasti ja harmonia

### Simultaanikontrasti ja harmonia

Psykologit ovat todenneet, että ihminen aistii heijastavien pintojen keskinäisten ärsykeintensiteettien suhteita (von Fieandt 1972). Värillisen kohteen synnyttämään aistimukseen vaikuttaa kohteesta heijastuvan valon aallonpituuden lisäksi sen ympäristön väri. Värien vuorovaikutus eli väri-induktio perustuu värivastakohtiin eli värikontrasteihin (Rihlama 1985). Vierekkäiset väripinnat vaikuttavat toistensa aiheuttamiin aistimuksiin eri tavoin ja näitä tapoja nimitetään erilaisiksi kontrasteiksi. Värikontrasteista voidaan mainita esimerkiksi sävykontrasti, tummuuskontrasti, kylmä-lämmin-kontrasti, vastavärikontrasti, samanaikaisuuskontrasti, puhtauskontrasti ja määräkontrasti (Rihlama 1985). Kontrastin vastakohta eli harmonia toteutuu, kun värit ovat tasapainoisia ja sopusoinnussa keskenään. Harmonista karttaa on miellyttävä tarkastella, sillä sen ulkoasu on rauhallinen, mutta toisaalta puuttuva värien aiheuttama jännite voi johtaa katsojan kyllästymiseen (Spiess 1993).

Sävy- eli kulöörikontrastilla tarkoitetaan eri sävyjen esiintymistä samanaikaisesti. Tummuuskontrasti tarkoittaa eri tummuusasteen omaavien värien esiintymistä yhdessä. Kylmä-lämmin-kontrasti perustuu värien vastakohtaiseen lämpimyyteen. Siinä esiintyy yhtä aikaa kylmiä, sinertäviä, ja lämpimiä, punertavia, värejä. Vastavärikontrasti syntyy vastaväriparien esiintyessä yhdessä. Vastaväripareja ovat esim. punainen-vihreä, sininen-oranssi ja keltainen-violetti. Puhtauskontrastissa esiintyy samanaikaisesti eri puhtausasteen omaavia värejä. Sitä kutsutaan myös kylläisyyskontrastiksi. Määräkontrastissa eri värit esiintyvät eri suuruksina pintoina (Itten 1989).



Edellä kuvattuja kontrasti-ilmiöitä nimitetään samanaikais- eli simultaanikontrasteiksi (von Fieandt 1972, Rihlama 1985). Niissä kontrastin aiheuttavat todelliset värit, jotka esiintyvät yhtä aikaa. Jos neutraali väri, kuten harmaa esiintyy kirkkaan värin vieressä, näyttää neutraali väri kirkkaan värin vastaväritä. Väripinnassa ei tapahdu fyysistä muutosta, vaan tämä kromaattinen kontrasti johtuu ihmissilmän näköreseptorien tavasta kerätä informaatiota sekä näköhermoston ja aivojen tavasta käsitellä tätä tietoa (von Fieandt 1972).

### **Vierekkäiset värit**

Väriaistimukseen vaikuttaa siis heijastuvan valon intensiteetin ja aallonpituusjakauman lisäksi voimakkaasti myös ärsykealueen lähiympäristö (von Fieandt 1972). Yksi väri voi näyttää kahdelta eri väritä erilaisten naapurivärien vieressä, vaikka valaistus olisi koko ajan vakio. Valitsemalla taustan ja kuvioden värit oikein voidaan saada kaksi väriä näyttämään kolmelta eri väritä tai kolme väriä kahdelta. Jos vierekkäiset värit ovat sävyltään lähellä toisiaan ja intensiteetiltään yhtä suuria, niiden välinen rajaviiva on miltei huomaamaton. Rajaviivaa voi korostaa asettamalla vierekkäin sävyltään selvästi poikkeavia sävyjä, mutta jos sävyt ovat lähellä toistensa vastavärejä, korostuminen on häiritsevän voimakasta ja rajaviiva näyttää värähtelevän, koska silmä joutuu tarkentamaan vuorotellen kummankin sävyn aallonpituudelle. Vakiovärinen pinta voi näyttää vähitellen tummuvan tai vaaleenevan kohti naapurivärin rajaviivaa. Kaikki nämä ilmiöt johtuvat näköaistin toiminnasta eivätkä väripinnan fyysisten ominaisuuksien muutoksista (Albers 1979).

### **Peräkkäiskontrasti**

Peräkkäiskontrastin aiheuttaa jälkikuva-ilmiö. Näköelinten toiminta sopeutuu katseen kohteen mukaan. Jos tuijotetaan kiinteästi johonkin kohtaan riittävän pitkään ja sitten käännetään katse nopeasti muualle, ei näköaisti ehdi sopeutua uuteen kohteeseen, vaan edellinen kohde aiheuttaa jälkikuvan (von Fieandt 1972).



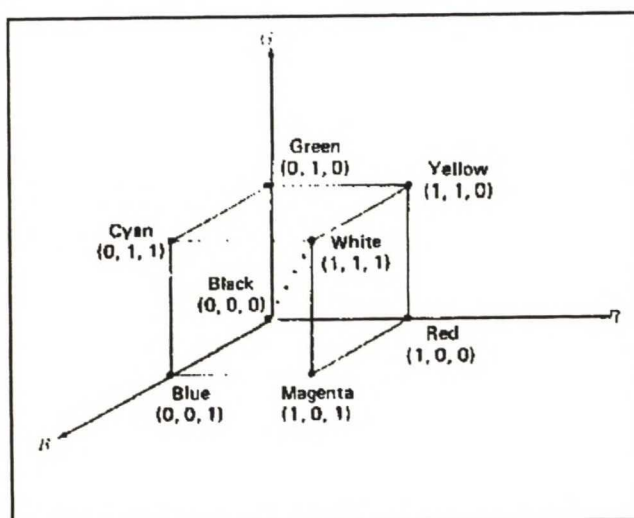
## 2.4. Värien määrittäminen additiivisessa värinmuodostuksessa

Vaikka väri on suhteellinen ilmiö, on tehty useita yrityksiä värien määrittämiseksi absoluuttisesti. On kehitetty lukuisia erilaisia värijärjestelmiä ja värikappaleita. Mm. Hall (1989) ja Rihlma (1985) ovat kuvanneet eri värijärjestelmiä ja niiden historiaa. Tunnetuimpia ovat Göthen väriympyrä, Munsellin värikappale, CIE- ja RA-järjestelmät sekä RGB-, HSV- ja HLS-värijärjestelmät, joista tässä työssä esitellään kolme viimeksi mainittua.

### RGB-värimalli

RGB-värimalli jäljittelee ihmissilmän värinmäärittämisprosessia, jossa väriaistimus perustuu kolmen eri väriselle valolle herkän reseptorin tuottamaan informaatioon. Päävärit ovat punainen (Red), vihreä (Green) ja sininen (Blue). Malli voidaan esittää kolmiulotteisesti yhden yksikön kokoisena kuutiona, jonka särmät ovat R-, G- ja B-akselien suuntaisia (kuva 4). Originaali vastaa mustaa ja nurkka pisteessä  $(1,1,1)$  valkoista väriä. Koordinaattiakseleilla sijaitsevat nurkat vastaavat päävärejä ja muut nurkat päävärien komplementtivärejä (Hearn et al. 1986).

RGB-järjestelmä (red-green-blue color model) perustuu additiiviseen värinmuodostukseen. Päävärejä yhdistetään eri suhteissa muiden värien tuottamiseksi. Jokainen kuution sisällä oleva väripiste  $(R,G,B)$  voidaan esittää päävärien yhdistelmänä, jossa R, G ja B voivat saada arvoja välillä 0..1. Magenta saadaan yhdistämällä punaista ja sinistä ja sen koordinaatit ovat  $(1,0,1)$ . Valkoinen on punaisen, vihreän ja sinisen vektorien summa  $(1,1,1)$ . Eri harmaasävyt sijoittuvat kuution halkaisijalle mustasta origosta valkoiseen. Kaikki tällä halkaisijalla olevat värit koostuvat yhtä suuresta määrästä



Kuva 2.4. RGB-värikuutio. Additiivisen värinmuodostuksen perusvärit ovat kuution kulmissa koordinaattiakseleilla (Hearn et al. 1986).

päävärejä, joten kuution keskellä on harmaa väri (0.5,0.5,0.5), joka on valkoisen ja mustan puolivälissä (Hearn et al. 1986).

## HSV-värimalli

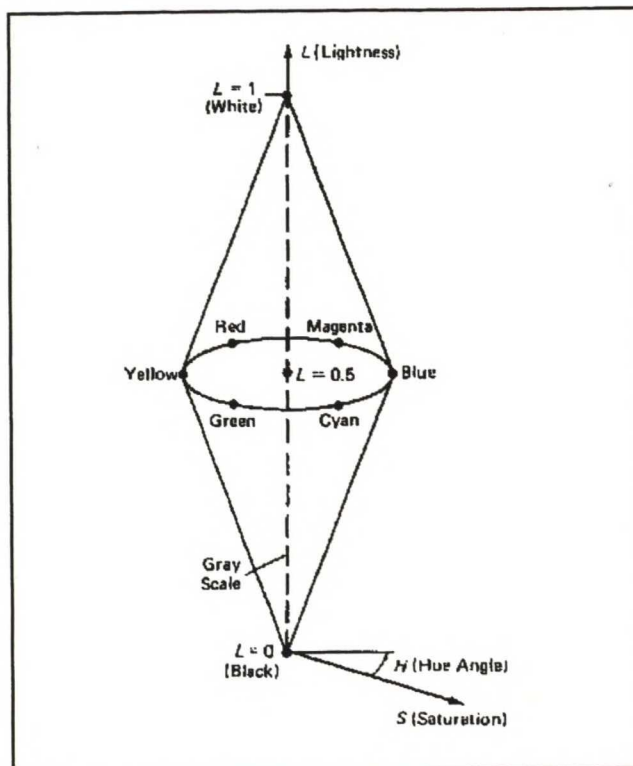
HSV-värimallin (hue-saturation-value color model) avulla värit pyritään määrittämään intuitiivisin perustein. Värit esitetään kolmen muuttujan, sävyn (hue), kylläisyyden (saturation) ja kirkkauden (value) avulla. HSV-mallin kolmiulotteinen esitys voidaan johtaa RGB-kuutiosta. Jos ajattelemme katsovamme kuutiota valkoisesta nurkasta kohti origoa (mustaa), kuution ääriviivat muodostavat kahdeksankulmion, jonka rajaviivat kuvaavat eri sävyjä. Tämä kahdeksankulmio muodostaa yläpinnan HSV-värikappaleelle, joka on kärjellä seisova heksaedri. Värin puhtaus esitetään vaakasuoralla ja kirkkaus pystysuoralla akselilla (Hearn et al. 1986).

Sävy (H) ilmoitetaan kulmalukemana keskiakselilta nähtynä.  $0^\circ$  osoittaa punaiseen ja täysympyrän arvo on  $360^\circ$ . Kahdeksankulmion kulmat ovat  $60^\circ$  välein. Keltaisen suunta on  $60^\circ$  ja vihreän  $120^\circ$ . Syaani on punaista vastapäätä suunnassa  $H = 180^\circ$ . Komplementtivärien väli on aina  $180^\circ$ . Puhtaus (S) saa arvoja välillä 0..1. Jos  $S = 1$ , kyseessä on täysin puhdas sävy. Harmaasävyasteikolla  $S = 0$ . Kirkkaus  $V = 0$  heksaedrin kärjessä ja huipun kahdeksankulmiossa  $V = 1$ . Siellä värit esiintyvät täysillä intensiteeteillään. Puhtailla sävyillä  $S = 1$  ja  $V = 1$ . Valkoinen on pisteessä  $V = 1$  ja  $S = 0$  (Hearn et al. 1986).

Käytännössä värin valinta HSV-mallilla voidaan aloittaa valitsemalla puhdas sävy, joka määrittää sävyn kulmalukeman H ja asettaa arvot  $V = S = 1$ . Jos halutaan puhdasta sävyä tummempi väri, lisätään mustaa eli  $V$  pienenee ja  $S$  säilyy vakiona. Vastaavasti väriä voidaan vaalentaa säilyttämällä  $V$  vakiona ja vähentämällä  $S$ :n arvoa. Esimerkiksi tummansininen saadaan valitsemalla  $H = 240^\circ$ , säilyttämällä  $V = 1$  ja asettamalla arvo  $S = 0,4$ . Vaaleansininen saadaan arvoilla  $H = 240^\circ$ ,  $S = 1$  ja  $V = 0,3$ . Jos halutaan lisätä puhtaaseen sävyyn sekä mustaa että valkoista, muutetaan molempia,  $S$ :ää ja  $V$ :tä (Hearn et al. 1986).

## HLS-värimalli

Tektronix käyttää HLS-värimallia (hue-lightness-saturation color model). Sen värikappale on kaksoiskartio (kuva 2.5). Samoin kuin HSV-mallissa sävy (H) määrää suunnan keskiakselilta katsottuna ja puhtaus (S) etäisyyden keskiakselista. Värikappaleen kaksoiskartiomainen muoto mahdollistaa värien jakamisen tummiin ja vaaleisiin. Vaaleat värit sijaitsevat kappaleen ylemmässä kartiossa tason  $L = 0.5$  yläpuolella siten, että kartion kärjessä, ( $L = 1$ ) on valkoinen väri. Tummat värit ovat alemmassa kar-



Kuva 2.5. HLS-värikappale. Värien sijainnin kappaleessa määrittävät sävy ((Hue Angle), kirkkaus (Lightness) ja kylläisyys (Saturation) (Hearn et al. 1986).

tiossa, jonka kärki ( $L = 0$ ) vastaa mustaa väriä (Hearn et al. 1986). Kun ATK-ohjelmilla tehdään värisuunnittelua HSV- tai HLS-värimallin avulla, määrittelyt konvertoidaan järjestelmän sisäisessä käytössä automaattisesti RGB-järjestelmään näytölle tulostamisen ohjaamiseksi.

### 2.5. Värien määrittäminen subtraktiivisessa värinmuodostuksessa

Subtraktiivinen värinmuodostus perustuu väriaineiden sekoittamiseen. Perusvärejä magentaa eli punapurppuraa, syaania eli turkoosinsinistä ja keltaista yhdistämällä saadaan aikaan muut kirjon värisävyt. Useissa tulostuslaitteissa saadaan eri värivaikutelmat aikaan piirtämällä paperille perusväreillä eri kokoisia pisteitä. Väripinnat syntyvät perusvärien rasterien yhdistelminä. Syaani saadaan aikaan yhdistämällä vihreää ja sinistä väriä. Näin ollen, kun syaenin väriseen pintaan osuu valkoista valoa, heijastuneesta valosta on punainen valo absorboitunut



väriaineeseen. Magentan värinen pinta imee itseensä valkoisen valon vihreän aallonpituusalueen säteilyn ja keltainen väriaine estää sinisen valon heijastumisen.

Subtraktiivisesti muodostetut värit voidaan esittää CMY-värijärjestelmän värikuviossa. Koordinaatiston piste (1,1,1) kuvaa mustaa eli väriä, joka syntyy, kun valkoisesta valosta absorboituu täysin sekä punaisen, sinisen että vihreän aallonpituusalueen säteily. Valkoinen on origossa. Yhtäläinen osuus perusvärejä tuottaa harmaan värisävyä. Syaenin ja magentan väriaineen yhdistelmä tuottaa sinisen väripinnan, koska valon punainen ja vihreä komponentti eivät ole mukana heijastuvassa säteilyssä. Samalla tavoin voidaan määrittää muut värit ilmoittamalla perusvärien väriaineiden sekoitussuhteet, jolla väri saadaan aikaan.

Tulostuslaitteen tuottama väripiste on usein neljän eri värisen mustepisteen yhdistelmä, kun kuvaruudun väripiste koostuu kolmesta eri värisenä hehkuvasta fosforitäplästä. Subtraktiiviseen värinmuodostukseen perustuvan tulosteen väripisteessä on yksi piste kutakin perusväriä sekä niiden lisäksi musta piste. Mustaa tarvitaan, koska perusvärien yhdistäminen ei yksinomaan takaa aina riittävän tumman värin syntymistä. Tällöin puhutaan CMYK-mallista (Hearn et al. 1986).

## 2.6. Kuvaruudun värinmuodostuksesta

Useimmat kuvaruutukartat esitetään näytöillä, joiden kuvanmuodostus perustuu kuvaputki (cathode-ray tube) -tekniikkaan. Kuva syntyy, kun elektronitykin lähettämä elektronisuihku kulkee kohdistus- ja ohjausjärjestelmien läpi ja osuu kuvaputken fosforipintaan. Suihku aiheuttaa fosforiin varauksen ja saa sen emittoimaan valoa niissä pisteissä, joihin se osuu. Fosforin varaus heikkenee ja sen tuottama valo himmenee nopeasti, joten pysyvän kuvan säilyttämiseksi prosessi on toistettava nopeasti. Näyttöä, jossa elektronisuihku ohjaillaan yhä uudelleen samoihin pisteisiin kuvan ylläpitämiseksi kutsutaan virkistettäväksi tai uudistuvaksi näytöksi (refresh screen).

Virkistysten välinen aika eli näytön virkistystaajuus riippuu kuvaputken pinnalla olevan fosforin persistenssistä, joka kertoo, miten nopeasti emittoituvan valon intensiteetti laskee kymmenekseen alkuperäisestä. Valon alkuperäinen intensiteetti



riippuu siihen osuvan elektronisuihkun intensiteetistä, jota säädellään vaihtelemalla jännitettä suihkun lähettävän katodin ympärillä.

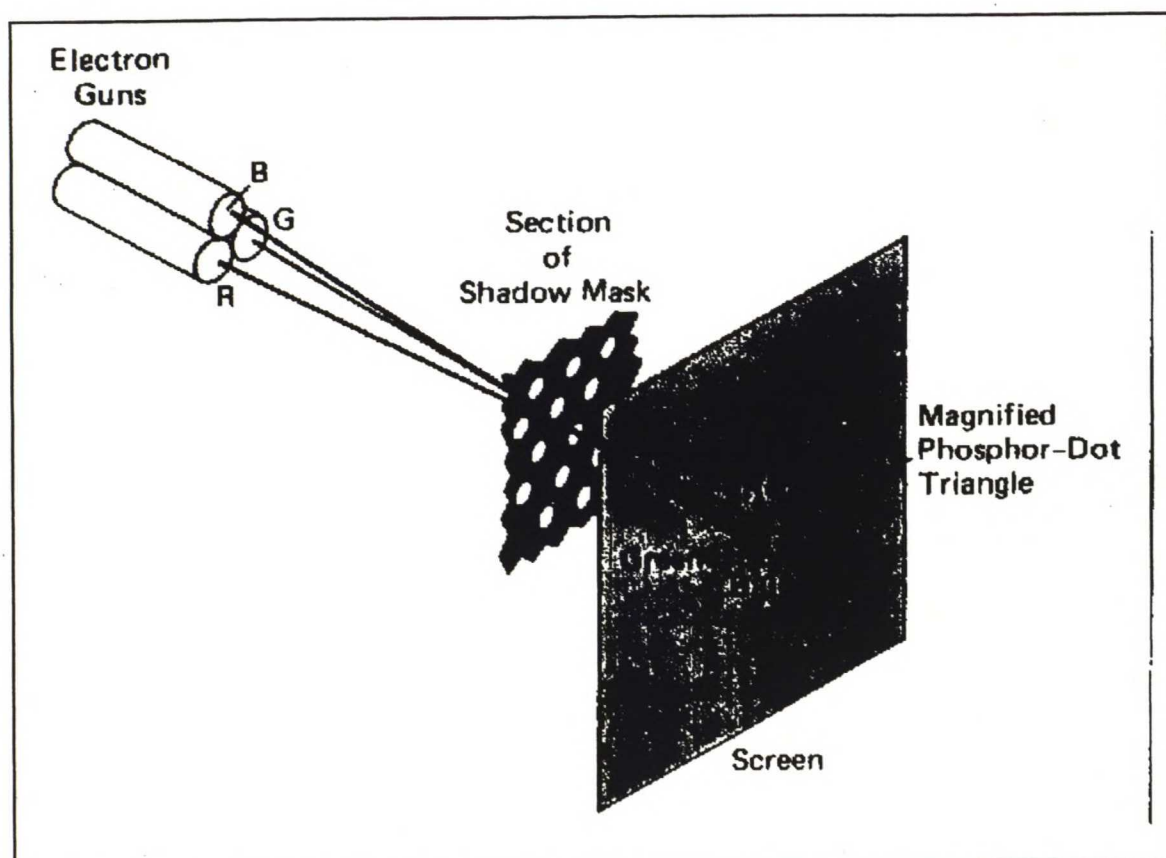
Suihkun elektronit pyrkivät hylkimään toisiaan ja suihku näin hajaantumaan. Tarkan kuvan muodostamiseksi se olisi kuitenkin saatava osumaan hyvin pienelle alueelle fosforin pintaan. Suihkun ympärille synnytetään sähkö- tai magneettikenttä, joka pakottaa elektronit suihkun keskiakselin ympärille. Fokusoidun suihkun suuntaa muutetaan synnyttämällä sen ympärille sähkö- tai magneettikenttiä, jotka taittavat sitä vaaka- ja pystytasossa. Suihkun keskistys onnistuu täydellisesti vain kuvaputken keskellä. Näytön reunoilla kuvasta tulee epätarkka, ellei keskistystä voi vaihdella sen mukaan, mihin kohtaan putkea suihku osuu.

Näyttöä voidaan virkistää eli päivittää ohjaamalla elektronisuihkua vain niihin osiin näyttöä, mihin kulloinkin piirretään. Tällaista päivitystä kutsutaan nimellä random-scan ja näin toimivaa laitetta vektorinäytöksi. Vektorinäyttötekniikkaa käytettiin kuvaputkissa erityisesti 80-luvulla. Ne olivat musta-valkoisia, mutta niiden resoluutio oli korkea, 4000 x 4000 pikseliä. Vektorinäyttöjä ei enää juurikaan ole käytössä.

Rasterinäytössä sovelletaan raster-scan -menetelmää, jossa elektronisuihku ohjataan vuorollaan näytön jokaiseen kohtaan. Säteen intensiteetti lasketaan nolnaan, jos esitettävällä kuvalla ei sillä kohtaa ole mitään piirrettävää. Kuva luodaan pisteittäin alkaen näytön yläreunasta. Näytön jokaiselle pisteelle on talletettu oma intensiteettiarvo ja nämä intensiteetit kohdistetaan kuvalle rivi ja piste kerrallaan. Kuvaruudun jokainen piste piirtyy uudelleen 60 kertaa sekunnissa. Ihmissilmä ei huomaa näin nopeaa välkkymistä, vaan kuva näyttää vakaalta.

Värikuvien esittäminen näytöillä perustuu eri väristä valoa emittoivien fosforitäplien käyttöön. Värien kirjo saadaan aikaan yhdistämällä eri täplien emittoimaa valoa. Kyseessä on additiivinen värin muodostus.

Värikuvaputken pinnalla on tuhansia pieniä fosforitäpliä, jotka on ryhmitelty kolmen ryhmiin siten, että kunkin ryhmän yksi täplä lähettää punaista valoa, toinen vihreää ja kolmas sinistä. Jokaista väriä varten on oma elektronitykkinsä.



Kuva 2.6. Katodisädekuvaputken toimintaperiaate (Hearn et al. 1986).

Kolme elektronisuihkua suunnataan yhdessä kohti aktivoitavaa näytön kohtaa. Elektronitykin ja fosforipinnan välissä on ns. varjomaski (shadow-mask), jonka avulla suihku kohdistetaan tarkalleen aktivoitavaan fosforiyhdistelmään. Täplät ovat niin lähellä toisiaan, että aktivoituna ne näyttävät yhdeltä pieneltä pisteeltä (kuva 2.6).

Eri värisävyt saadaan aikaan säätelemällä eri elektronitykkien intensiteettejä. Jos esimerkiksi punaista ja vihreää emittoiviin täpliin suunnatut tykit eivät lähetä elektronisuihkua, nähdään vain sinisen fosforin lähettämä valo. Jos kaikkiin kolmeen täplään osuu suihku, pisteen värin määrää eri väristen täplien varausten suhde. Jos kaikilla täplillä on yhtä suuri varaus, pisteen emittoima valo on valkoista tai harmaata. Keltaisen valon tuottamiseen tarvitaan vain vihreää ja punaista täplää. Magenta saadaan aikaan yhdistämällä punaista ja sinistä. Syaani tuotetaan varaamalla yhtä paljon sinistä ja vihreää täplää (Hearn et al. 1986). Värien sävyjä voidaan muuttaa vaihtelemalla elektronitykin syöttöjännitettä. Esitettävissä olevien värisävyjen määrä riippuu laitteen näytönohjainkortista. Yksinkertaisimmissa korteissa kullekin värille on vain yksi bitti eli vastaava elekt-



ronitykki voidaan kytkeä vain päälle tai pois. Se rajoittaa mahdollisten värien määrän kahdeksaan.

Tavallisissa tietokoneen värinäytöissä on useimmiten 8-bittinen näytönohjainkortti, jossa on esimerkiksi kolme bittiä punaiselle ja vihreälle ja kaksi siniselle. Punaista ja vihreää valoa emittoiviin fosforipisteisiin osuvien elektronisuihkujen intensiteetti voidaan valita  $2^3$  eli 8 mahdollisen arvon joukosta. Siniselle valolle vaihtoehtoja on  $2^2$  eli 4. Eri tykkien arvoja yhdistelemällä voidaan esittää  $8 \times 8 \times 4 = 256$  eri värisävyä. Muutkin bittimäärät eri väreille ovat mahdollisia, mutta 8-bittisellä näytönohjaimella saadaan aikaan aina korkeintaan  $2^8$  eli 256 eri värisävyä.

Jos mahdollisten intensiteettiyhdistelmien määrä on liian pieni, voidaan tilannetta parantaa ns. halftoning-menetelmällä. Tällöin kuvaruudun pikselit jaetaan useamman pikselin ryhmiin, joiden sisällä voidaan vaihdella pikselien intensiteettejä niin, että niiden yhdessä tuottamien väriaistimusten kirjo on laajempi kuin laitteiston alkuperäinen (Hearn et al. 1986).

Vierekkäisten väripintojen väliin voi syntyä hyvin terävä väriero, jos mahdollisten sävyjen määrä on pieni. Ns. color-dithering-menetelmällä voidaan ongelmaa helpottaa. Värien rajapintoja pehmennetään kasvattamalla pikselien intensiteettiä arvolla, joka määräytyy satunnaisesti tai lasketaan ympäröivien pikselien intensiteettiarvoista. Näin väripinnan pikselit eivät ole täsmälleen saman värisiä, vaikkakin hyvin lähellä toisiaan. Niiden yhdessä synnyttämä väriaistimus on pehmeämpi kuin alkuperäisessä tilanteessa (Hearn et al. 1986).

Kuvaruutukarttasovelluksissa olisi hyvä olla käytössä 24-bittisellä näytönohjaimella varustettu laitteisto. Tällöin punaista, vihreää ja sinistä kohti on kahdeksan bittiä eli näytön väriavaruus koostuu näiden kolmen päävärin 256 sävyn eri yhdistelmistä. Esitettävissä olevien värien lukumäärä on  $256^3$  eli 16 777 216. Kaikkia 16,7 miljoonaa väriä ei yleensä käytetä samanaikaisesti, vaan niistä valitaan esimerkiksi 256 sävyä erilliseen väritauluun (look-up-table). Tällöin kustakin kuvan pikselistä talletetaan vain sen värin numero. Värien koostumus on määritetty esimerkiksi RGB-värijärjestelmän avulla ja määritykset on talletettu taulukkoon, jossa jokaisella värillä on oma juoksevan numeroinnin mukainen indeksinsä. Kuva voidaan

tallettaa siten, että jokaisen pikselin värin määrää yksi lukuarvo väliltä esim. 1..256. Lukuarvo kertoo sen rivin indeksin look-up -taulukossa (suom. vaikkapa "lunttilista"), jolla pikseli piirretään. Tallentamiseen tarvitaan näin vähemmän muistitilaa kuin tarvittaisiin, jos joka pikselistä olisi talletettu kaikkien kolmen perusvärin intensiteetit. Kuvaa piirrettäessä pikselin väri "katsotaan" sen värin määräävän lukuarvon perusteella väritaulusta, josta selviää pikselin värin koostumus perusvärien suhteen. Tämä paitsi säästää muistitilaa myös helpottaa värien muuntelemista, sillä värin muuttamiseksi riittää, että asetetaan look-up -taulukon vastavalle riville uudet määrittelyt ja kaikki muutetulla värillä kuvatut kohteet piirtyvät uudella värillä. 256 hyvin valittua sävyä riittävät yleensä kuvaruutukartan tarpeisiin (Hearn et al. 1986).

Näkyvän valon aallonpituusalue voidaan jakaa punaiseen, vihreään ja siniseen aallonpituusalueeseen. Pyrittäessä keinotekoisesti jäljittelemään jotakin kirjon väriä määritetään eri väristen aallonpituusalueiden säteilyenergiat ja varataan samoja värejä emittoivat fosforit energioiden suhteessa. Kaikkia luonnollisia värejä ei pystytä jäljittelemään, koska värisävyt määritellään vain kolmen muuttujan avulla (Hall 1989).

Eri värejä voidaan kuvata ilmoittamalla ne elektronisuihkujen intensiteetit, joiden tuottaman valon yhdistelmänä ne ovat syntyneet. Nämä RGB-arvot voidaan esittää skaalattuna jollekin arvoalueelle, esimerkiksi välille 0,0..1,0 tai 0...1000 tai suoraan kunkin elektronitykin syöttöjännitteen digitaalisena lukuarvona (esim. 0...255) (Oittinen 1991).

### **Laitteiston vaikutus värin syntyyn**

Syntyvää väriä ei voi yksikäsitteisesti ennustaa RGB-arvojen perusteella, koska ne ovat vain ohjausarvoja ja lopullinen tulos riippuu näyttölaitteen ominaisuuksista. Värit voivat näyttää eri kuvaputkilla erilaisilta, vaikka ne tuotetaan samoilla RGB-arvoilla. Tätä kiusallista ilmiötä voidaan hallita määrittämällä kokeellisesti malleja tai riippuvuustaulukoita eri laitteistojen välillä ja muuttamalla arvot näiden mukaan siirryttäessä laitteesta toiseen. Samanlaisia ongelmia kohdataan haluttaessa kuvaruutukartan ulkoasua vastaavia paperitulosteita. Mallit ja riippuvuustaulukot on



määritettävä erikseen jokaiselle laitteistoyhdistelmälle, joiden välillä siirto halutaan tehdä (Oittinen 1991).

Laitteistojen erilaisten väriavaruuksien lisäksi värien muuttuminen saattaa johtua kuvaruudun fyysisestä sijainnin muuttumisesta, tulevan sähkövirran epävakaisuudesta, kuvaruudun fosforien iästä, kuvaputken päälläoloajasta tai ruudun fosforin aiemmasta säteilystä (Brewer 1991).

Näytön resoluutio eli erotuskyky ilmaisee, kuinka monta pistettä voi kuvata ilman, että ne menevät päällekkäin. Resoluutio voidaan ilmoittaa pisteiden määränä mittayksikköä kohti pysty- ja vaakasuunnissa tai yksinkertaisesti ilmoittamalla pisteiden määrät kummassakin suunnassa (Hearn et al. 1986). Graafisten kuva-ruutujen resoluutio on tyypillisesti n. 80 pikseliä tuumalle, mikä riittää kuvaruutukarttasovelluksiin. 19" kuvaputkella on täten 1184 x 884 pikseliä. Ihmissilmän erotuskyky on n. 1000 pistettä tuumalle. Kuvaruutukartan kuvaustekniikan on näistä syistä oltava pelkistetympää kuin painetulla kartalla (Sainio 1992).

### **Miskonvergenssi**

On olemassa tarkempiakin kuvaruutuja, joiden erotuskyky on esimerkiksi 100 pistettä tuumalle. Tällaiset näytöt ovat kuitenkin epätarkempia näyttöjä alttiimpia ilmiölle, jota kutsutaan miskonvergenssiksi: on vaikeaa kohdistaa näyttöä virkistävä elektronisuihku virkistettävään pisteeseen, niin tarkasti, ettei se varaa myös viereisiä väripisteitä. Jos tämä ei onnistu, tuloksena on tuhrainen väri ja epätarkka kuva. Pienten pisteiden väriä on vaikea määrittää ja näyttää kuin niillä olisi varjo. Katsojan silmä väsyä yrittäessään jatkuvasti tarkentaa ja yhtenäiset väripinnat voivat näyttää läikikkäiltä ja kirjavilta.

Miskonvergenssin johdosta suuri erotuskyky ei takaa hyvää kuvaa, jollei laitteen kohdistamisjärjestelmä ole hyvä. Miskonvergenssin vaikutus näkyy sitä paremmin, mitä suurempi on kuvaruutu. Isot ruudut ovat alttiimpia magneettikenttien ja niiden muutosten aiheuttamille vaikutuksille. Häiriöiden lähteitä ovat mm. näytön lähellä olevat muut sähkölaitteet ja sähköjohdot tai tietokoneen muut osat, kuten keskusyksikkö.

Miskonvergenssiä voidaan korjata säätämällä kuvaputken kohdistamisjärjestelmää, mutta pienikin näyttöruudun kääntäminen esimerkiksi katselumukavuuden lisäämiseksi aiheuttaa näytön ympärillä olevan magneettikentän muutoksen, jolloin työlääät säätötoimet on tehtävä uudelleen. Joissakin näyttölaitteissa on demagnetisointisäädin, jolla voidaan poistaa näytön magneettisuutta, mutta sillä saadaan tilanteeseen vain lyhytaikaista parannusta. Pahimmin miskonvergenssi häiritsee pienten pisteiden ja yksityiskohtien, kapeiden viivojen tai suurten valkoisten alueiden kuvaamista (Työterveyslaitos 1985b, Sainio 1992).

Kuvan muodostamiseksi kuvaruudulle on laitteistoon saatava syntymään jännite, joka muodostaa sähkömagneettisen voimakentän. Tämän voimakentän vaikutukset tuntuvat myös kuvaruudun ulkopuolella. Siitä lähtevä sähkömagneettinen säteily kohdistuu myös kuvaruudun äärellä työskentelevään henkilöön ja voi aiheuttaa tälle mm. ihon ja silmien ärsytysoireita. Herkimmät ihmiset voivat saada säteilystä jopa allergisia reaktioita. Säteilyn määrä on sitä suurempi, mitä kirkkaampi on kuvaruudulla oleva kuva. Säteilyn määrää voidaan pienentää asettamalla näytön eteen tarkoitukseen kehitetty suojalaite (Sainio 1992).

Kuvaruudun säteilyn ja miskonvergenssin vaikutukset häiritsevät vähiten, kun kuvaruutukartan pohjaväri on musta. Silmille säteilystä aiheutuva rasitus on vähäisin ja kuvaruudun pohjaväri on tasainen (Sainio 1992).

## **2.7. Värien käytöstä kuvaruutukartalla**

Bertin (1974) on todennut kartan symboleilla olevan seitsemän graafista muuttujaa: koko, kirkkaus (lightness), väri, rakenne, suunta, muoto ja sijainti. Kuvaruutukartoilla voidaan lisäksi vaihdella symbolin kirkkautta ja sen hetkellistä ulkoasua (vilkkuva, ajan myötä muuttuva tai vakio). Akromaattisissa kartoissa käytetään vain mustaa ja valkoista tai yhtä ainoaa väriä. Moniväriesityksissä kuvataan ilmiöitä muuntelemalla symbolien värejä ja kirkkautta. Monessa tapauksessa värien käyttö on täysin välttämätöntä. Niiden avulla on erittäin helppo erotella kohteita laatunsa perusteella. Myös akromaattisissa esityksissä hankaluuksia tuottava päällekkäin kuvautuvien kohteiden ongelma voidaan ratkaista moniväriesityksellä (Spiess 1993).



## Värien käyttämisellä saavutettavia etuja ja haittoja

Väri on erinomainen keino erotella kohteita niiden laadun perusteella. Johonkin tiettyyn väriin liittyvän ominaisuuden tai asian esiintymistä on helppo seurata koko kartan alueella eli värin avulla voidaan helpottaa oikean yleiskuvan syntymistä. Värejä voidaan muunnella myös yhdessä muiden muuttujien kanssa. Kartan ulkoasu miellyttää käyttäjiä enemmän, jos siinä esiintyy kauniita värejä. Värit sopivat erityisesti käytettäväksi seinäkartoissa, joita tarkastellaan kaukaa. Kuvattavan ilmiön ymmärtämistä saattaa helpottaa, jos se esitetään väreillä, jotka luontaisesti mielletään siihen liittyviksi (Spiess 1993).

Värillisten lopputuotteiden tuottaminen on kalliimpaa kuin yksiväristen tuotteiden. Miehet ja naiset ja toisaalta erirotuiset ihmiset eivät aisti värejä samalla tavalla. Jotkut taas kärsivät värisokeudesta, jolloin tiettyjen värien erottaminen tuottaa heille vaikeuksia. Väriesityksessä ei saada aikaan niin suurta kontrastia kohteiden välillä kuin akromaattisessa esityksessä. Kopiotyö (reproduction) värillisistä kartoista on hankalaa. Värikopiot ovat kalliita ja mustavalkokopiot värikartoista ovat vähemmän informatiivisia kuin alkuperäiset. Värillisten karttojen taltioiminen esimerkiksi mikrofilleille arkistoitavaksi on vaikeaa (Spiess 1993).

## Värin ulottuvuudet kuvaruudulla

Kuvaruudun kuva on aina kaksiulotteinen esitys kohteestaan. Se koostuu lukuisista alkeisosista, pikseleistä, joille on määritelty niiden sijainti ja arvo. Sijainti ilmoitetaan kuvaruudun omassa kaksiulotteisessa koordinaatistossa esim. x- ja y-koordinaatteina. Pikselin arvo määrää sen ulkoasun, joka on omalta osaltaan muodostamassa koko kuvaruudulla näkyvää kuvaa. Värinäytössä pikselin arvo kertoo, minkä värisenä se hehkuu. Kuvaruudun kuva on siis itse asiassa vain kaksiulotteinen eri värisinä näkyvien pisteiden joukko. Tätä joukkoa taitavasti manipuloimalla voidaan kuitenkin katsojalle tuottaa vaikutelma siitä, että hän katsookin todellista kolmiulotteista kohdetta. Muuntelemalla vain yhtä muuttujaa, pikselin väriä, voidaan kuvata kohteen muoto, valaistus, varjo ja materiaali.



Tavallinen kartta on tyypillinen kaksiulotteinen väriesitys kuvaruudulla. Maaston kohteet on kuvattu pistemäisillä ja viivamaisilla symboleilla ja eri tyyppiset kohteet on piirretty eri väreillä. Aluemaiseta symbolit voi olla esitetty eri väreillä, mutta symboleihin käytettävät värit ovat vakioita. Värien lukumäärä on rajallinen ja kaikki jollakin tietyllä värillä kuvattavat symbolit ovat kauttaaltaan saman värisiä. Kolmiulotteisuuden vaikutelmaa voidaan tavoitella muuttamalla tarkastelupistettä, josta kohdetta katsotaan. Ellei kohteiden ulkoasu reagoi katselusuunnan muuttumiseen, vaikka niiden muoto muuttuisikin perspektiivin mukaan, on vaikutelma edelleen kuin katsottaisiin kaksiulotteista perspektiivikuvaa kohteesta.

Katseltaessa todellisuudessa jotakin kolmiulotteista esinettä vaihtuvasta suunnasta muuttuu kohteen ulkonäkö jatkuvasti sen muodon mukaan siihen lankeavan valon ja varjon mukaan. Ulkonäköön vaikuttaa myös kohteen pinnan materiaali. Kaksiulotteisessa kuvassa on kolmiulotteisuuden vaikutelma saatava aikaan pelkästään muuntelemalla väriä. Valokuva on kaksiulotteinen kuva todellisuudesta, jossa kolmiulotteisuuden vaikutelman onnistuminen riippuu kuvaustilanteen onnistumisesta ja kuvausvälineiden hyvydestä. Kuvassa esiintyvien eri värien määrä on teoriassa ääretön. Muissa perinteisissä kuvamuodostustavoissa käytettävissä olevien värien määrä ei mahdollista todellisen kolmiulotteisen vaikutelman syntymistä, joskin taiteilijat omaavat muita tehokeinoja, joilla saavat katsojan aivoissa syntyään hyvinkin aidon näköisen vaikutelman todellisesta esineestä.

Ainoat tavat, joilla keinotekoisesti näkyville tuotettua kohdetta voidaan tarkastella joka puolelta ovat kolmiulotteinen valokuva eli hologrammi ja tietokoneen kuvaruudulla esitettävä kolmiulotteinen kuva. Vaikka ilmiöiden esittämiseen kartalla käytettäisiin useita saman perusvärin eri sävyjä, riittää kartan tuottamiseen hyvin rajallinen määrä eri värejä. Jos ilmiötä kuvaruudulla kuvattaessa halutaan tuottaa kolmiulotteisuuden vaikutelma, on kohteen muoto, sen pinnalle lankeava valo ja varjo sekä sen pintamateriaali esitettävä muuntelemalla yksittäisten pikselien värejä. Aidon vaikutelman luomiseksi tarvitaan tällöin samasta perusväristä satoja, jopa tuhansia eri sävyjä. Vaikka ihminen ei kykene erottamaan kaikkia värejä toisistaan, on niiden käyttäminen välttämätöntä aidon kolmiulotteisuuden vaikutelman synnyttämiseksi.

## Värien ominaisuuksista

Jos kaksi yhdessä esiintyvää väriä poikkeavat toisistaan vain yhden RGB-arvon suhteen, on niitä vaikeaa erottaa kahdeksi eri väriksi, ellei erottavan RGB-arvon muutos ole suuri, n. 30 % (Sainio 1992). Jos kohteet sijaitsevat kaukana toisistaan, ne erottuvat varmasti kahdeksi eri väriksi vasta, kun RGB-arvon muutos on n. 40 %. Jos väripinnat ovat pieniä tai kohteet ohuita, muutoksen on oltava vieläkin suurempi. Ei kannata käyttää pieniä symboleja, jos ne on erotettava toisistaan pelkän värin perusteella. Pelkkä sävyero ei välttämättä edes riitä, että silmä erottaisi kaksi kohdetta eri värisiksi, vaan värien pitäisi poiketa toisistaan myös kirkkaudeltaan (Työterveyslaitos 1985b).

Värin luminenssitaso vaikuttaa väriaistimukseen. Jos valon voimakkuutta lisätään, muuttuvat punertavat värit eli värit, joiden hallitseva aallonpituus on yli 510 nm kellertävämmiksi ja sinertävät värit, hallitsevalta aallonpituudeltaan alle 510 nm, sinisemmiksi. Jos valon voimakkuutta vähennetään, käy päinvastoin. Ilmiön huomaa muutettaessa kuvaputken intensiteettiä tai työskentelytilan valaistusta (Työterveyslaitos 1985b, Sainio 1992).

Jos on käytettävä useita toisistaan erottuvia värisävyjä, ei niitä voi välttämättä valita mekaanisesti jakamalla värikartion väriympyrä yhtä moneen samansuuruisen osaan, koska näköpigmenttien herkkyys eri väreille ei ole samanlainen. Väreillä voidaan kuvata kohteen liittymistä johonkin teemaan. Samanväristen kohteiden mielletään usein omaavan saman sisällöllisen merkityksen (Työterveyslaitos 1985b).

Värejä ei saa esiintyä kuvaruudulla liikaa. Värejä käyttämällä voidaan ryhmitellä kartan kohteita ja osoittaa niiden laatu tai kohdistaa huomio johonkin tärkeään seikkaan, mutta nämä edut menetetään, jos kartalla on liikaa eri värejä. Ergonomiatiedotteessa (Työterveyslaitos 1985b) todetaan, että grafiikan esittämiseen tarvitaan harvoin enemmän kuin kuusi väriä, mutta kuvaruutukarttasovelluksissa tämä määrä saattaa olla riittämätön. Jos jokaisella värillä on oma merkityksensä, ei ihminen pysty tulkitsemaan useita värejä sisältävää esitystä tarkistamatta välillä värien merkitystä legendasta (Työterveyslaitos 1985b).



Väri on siis subjektiivinen kokemus ihmisen aivoissa eikä ihminen voi määrittää näkyvälle värille absoluuttista arvoa. Värin arvo muodostetaan suhteellisesti vertaamalla sitä ja sen ominaisuuksia ympäristöön. Absoluuttisesti samanlaisen aallonpituusjakauman sisältämä eli samanvärinen valo voi eri olosuhteissa aiheuttaa täysin erilaisia aistimuksia eli näyttää kokonaan eri väriltä (Sainio 1992).

Värejä käytettäessä ja valittaessa on huomiotava värien vuorovaikutus. Jos kohde on tunnistettava tai luokiteltava värinsä perusteella, on värin valinnassa huomioitava kohteen lähiympäristön vaikutus. Värien on oltava sellaisia, että erilaiset ympäristöt eivät saa niitä näyttämään samanlaisilta. On myös syytä pohtia, voidaanko hyödyntää muitakin värin ominaisuuksia kuin sävyä (Sainio 1992).

Brewer (1991) on tutkinut keinoja arvioida, minkälaisen aistimuksen jokin väri aiheuttaa, kun se esiintyy jossakin tunnetussa ympäristössä. Hän toteaa, että kahden värin erottaminen on vaikeaa, jos ne esiintyvät vierekkäin ja poikkeavat kirkkaudeltaan toisistaan vain vähän ja niiden sävyt ovat lähekkäin. Hän esittää myös mallin, jonka avulla voidaan matemaattisesti arvioida, ovatko värit liian lähellä toisiaan.

### **Pohjaväri**

Näyttöjen pohjaväriksi suositellaan tummaa, ellei kyseessä ole ns. positiivikuvaruutu, jonka pohjaväri on valkoinen. Valkoisella kuvaruudulla voidaan eri värit erottaa pienempinä pintoina kuin mustapohjaisella näytöllä, mutta valkoisella pohjalla on muita huonoja ominaisuuksia. Kuvaputken laadulla on suuri merkitys valkopohjaisen näytön ulkoasuun ja käyttökelpoisuuteen. Jos putki on huono, valkoinen pohjaväri rasittaa silmiä pitkäaikaisessa käytössä. Heikko resoluutio saattaa vaikuttaa kuvan värisemiseen. Kuvaputken miskonvergenssi huonontaa kuvan laatua, koska valkoinen pohja näyttää läikikkäältä. Kirkkaiden värien ja pohjavärin väliset rajat ovat usein epämääräisiä ja kapeat viivat näyttävät helposti epätasaisilta ja kulmikkailta (Sainio 1992).



## 2.8. Eri värien soveltuvuus kuvaruutukartalla käytettäväksi

### Sininen

Vain n. 10% silmän väriä aistivista tappisoluista reagoi siniseen väriin (aallonpituus 430-505 nm). Silmä ei reagoi helposti pieneltä alueelta tulevaan lyhytaaltoiseen säteilyyn, joten sinisen valon havaitseminen edellyttää suurempaa intensiteettiä kuin muiden värien erottuminen. Sinistä ei pitäisi käyttää kuvaputkella pienissä pinnoissa tai kohteissa, jotka on nähtävä kaukaa. Puhdasta sinistä ei myöskään tule käyttää tekstiin, ohuisiin viivoihin eikä muiden pienten yksityiskohtien kuvaamiseen. Näkökentän äärilaidoilla sininen erottuu paremmin kuin muut värit, joten se sopii hyvin aluesymboleiden tai taustan väriksi (Työterveyslaitos 1985b). Sinisellä värillä on usein rauhoittava vaikutus. Sen ominaisuudet ovat muutenkin yleensä punaisen ominaisuuksien vastakohtia. Sininen ja punainen sijaitsevatkin näkyvän valon kirjon ääripäissä (Rihlama 1985).

Jos ruudulla esiintyy vierekkäin spektrin äärilaidoilla olevia värejä, silmä joutuu koko ajan tarkentamaan vuorotellen eri aallonpituuksille ja värilliset pinnat näyttävät värähtelevän. Siksi tulisi välttää käyttämästä puhdasta sinistä ja punaista vierekkäin. Sen sijaan väriympyrän vastakkaisilla puolilla sijaitsevat sininen ja keltainen muodostavat hyvän yhdistelmän. Kaikki puhtaat värit eivät näytä olevan samaa kylläisyyden astetta. Sininen näyttää usein puhtaammalta kuin muut sävyt. Iän myötä ihmissilmän ominaisuudet heikkenevät ja vanhemmat ihmiset aistivat sinisen ja violetin heikoimmin. Tämä saattaa johtaa toisenlaiseen tulkintaan kohteen värisävystä kuin nuoremmalla henkilöllä. (Työterveyslaitos 1985b).

### Punainen

Punainen on lämmin väri, joka väriasiantuntijoiden mukaan on näkyvin ja paras herättämään huomiota. Sillä on myös voimakkaasti kiihottava vaikutus (Rihlama 1985). Punaiseen assosioituu usein vaaran merkitys. Punaisen valon aallonpituus on näkyvän valon alueella pisin (620-780 nm). Jos sitä ja lyhimmän aallonpituuden omaavaa sinistä joudutaan katsomaan yhtäaikaaisesti, joutuu silmä tarkentamaan jatkuvasti vuorotellen kumpaankin väriin erikseen. Tästä aiheutuu edellä jo

mainittu värin välkkyminen ja silmän väsyminen. Värisokeilla ihmisillä, joilta puuttu punaiselle tai vihreälle herkkä väripigmentti, tuottaa kuitenkin vaikeuksia erottaa toisistaan joitakin punaisen ja vihreän sävyjä, joten näiden värien käyttämiseen yhdessä on suhtauduttava harkiten. Punaiset kohteet näyttävät olevan lähempänä katsojaa kuin muun väriset kohteet (Työterveyslaitos 1985a, 1985b).

Punaiseen väriin reagoiva näköpigmentti ei ole yhtä herkkä kuin muut näköpigmentit, joten punaisessa värissä on vaikeampi havaita pieniä sävymuutoksia kuin esim. keltaisessa tai sinivihreässä. Verkkokalvon ääreisosat ovat punaiselle epäherkkiä, joten pieniä symboleja ja muotoja ei tulisi esittää puhtaalla punaisella ainakaan, jos ne olisi havaittava myös aivan näkökentän äärilaidoilla. Jos halutaan, että katsoja näkee tarkasti, mutta säilyttää samalla hämäränäkönsä, on käytettävä punaista valoa (Työterveyslaitos 1985b).

### **Keltainen**

Keltainen valo on aallonpituudeltaan 560-590 nm. Se on väreistä kirkkain ja valovoimaisin. Näkyvimvät mahdolliset väriyhdistelmät saadaan yhdistämällä keltainen tummien värien kanssa. Pidempään näkökentässä ollessaan ne kuitenkin alkavat ärsyttää katsojaa. Esiintyessään sinipunaisen vieressä keltainen saattaa aiheuttaa häiritsevän välkkymisilmiön. Keltaista ei pidä käyttää puhtaana laajoissa ja värikylläisissä pinnoissa, vaan niin paljon valkoisella vaalennettuna, että ärsyttävyys katoaa ja tilalle tulee lämmin ja valoisa vaikutus (Rihlama 1985).

Keltainen on hyvä väri yksityiskohtien esittämiseen myös näkökentän äärilaidoilla. Sitä ja sinistä käyttämällä saadaan tasapainoisia väriyhdistelmiä. Tekstit ja erityishuomiota vaativat kohteet on hyvä esittää keltaisella. Keltainen väri erottuu hyvin kauempaakin, mutta sillä ei kannata kuvata kovin pieniä kohteita. Keltaiset kohteet vaikuttavat lähenevän katsojaa ja keltaisen värin laajenemisvaikutelman arvioidaan olevan suurin. Keltainen väri vaikuttaa aina vähemmän puhtaalta kuin se todellisuudessa on. Siirryttäessä neutraaliharmaasta puhtaaseen värisävyyteen on keltaisen kohdalla tarvittava väriaineen lisäys kaikkein suurin (Työterveyslaitos 1985b). On vaikeaa toteuttaa pelkästään keltaisista väreistä koostuvaa väriskaalaa, jolla



voitaisiin havainnollisesti osoittaa moniportaista alue luokitusta, esim. korkeusvyöhykkeitä (Tuukkanen 1991).

## **Vihreä**

Vihreän värin aallonpituusalue sijaitsee näkyvän valon alueen keskellä (505-560 nm). Vihreä on varsin neutraali väri, josta luonnossa esiintyy äärettömän useita eri sävyjä. Siihen assosioituu usein vapaan kulun tai luonnollisuuden merkitys. Verkkokalvon ääreisosat eivät erota vihreää yhtä hyvin kuin sen keskiosat ja vihreän värin näkökenttä on väreistä pienin. Vihreää ei kannata käyttää pienissä symboleissa ja muodoissa. Tummanvihreä ja valkoinen ovat hyvä yhdistelmä tekstin esittämiseksi. Esimerkiksi kouluissa käytetäänkin vihreitä liitutauluja (Rihlama 1985, Työterveyslaitos 1985b).

## **Sinipunainen eli violetti**

Sinipunaisen värin (380-430 nm) ominaisuudet riippuvat siitä, kumpaa pääväriä se on lähempänä. Violetti ja keltainen väri voivat aiheuttaa vierekkäin esiintyessään samanlaista toistuvaa tarkentumista ja vilkkumista kuin edellä kuvattiin sinisen ja punaisen esiintyessä vierekkäin. Sinertävää violettia on vaikea erottaa pienissä kohteissa tai kaukaa ja sen määrittäminen vaikeutuu iän mukana. Punertavassa violetissa värissä tapahtuvia pieniä sävy muutoksia on vaikea havaita (Työterveyslaitos 1985b). Violetti on väreistä tummin ja aiheuttaa sisäänpäin kääntyvän tunteen (Rihlama 1985).

## **Oranssi**

Oranssi on punaisen ja keltaisen sekoitus, joten sen ominaisuudet periytyvät päävärien ominaisuuksista. Sillä on hyvä herättää katsojan huomio. Oranssin väriset kohteet erottuvat vielä verraten kaukaa (Työterveyslaitos 1985b). Oranssi on voimakkaasti lämmittävä ja kohti tuleva, mutta laajana pintana ahdistavan hyökkäävä. Yhdessä mustan kanssa se muodostaa tehokkaasti huomiota herättävän yhdistelmän (Rihlama 1985).



## Ruskea

Ruskea ei ole värisävy samassa mielessä kuin muut totutut värit. Väriympyrässä ei ole sektoria, jota voisi kutsua ruskeaksi, vaan värinimitys ruskea tarkoittaa itse asiassa tiettyä taitettujen oranssin sävyjen joukkoa. Tietokonenäytöillä on vaikeaa määrittää joidenkin oranssin ja ruskean sävyjen eroja tai ennakoida pelkkien numeroarvojen perusteella, onko syntyvä väri ruskea vai oranssi. Jotkut värisokeat voivat sekoittaa ruskean vaaleanpunaiseen tai oliivinvihreään. Ruskea on sävylliseksi väriksi poikkeuksellisen neutraali ja käy hyvin taustaväriksi (Rihlama 1985, Työterveyslaitos 1985b).

## Syaani ja magenta

Syaani eli turkoosinsininen ja magenta eli punapurppura ovat subtraktiivisen värinmuodostuksen perusvärejä. Kuvaruudulla ne saadan aikaan kahden additiivisen värinmuodostuksen perusvärin yhdistelmänä. Turkoosi on rauhoittava väri. Se on ihonvärin komplementtiväri, joten kasvot erottuvat siitä raikkaina. Purppura on arvoituksellinen ja ristiriitainen väri. Se vivahtaa luonteeltaan joko punaiseen tai violettiin. Se on väri, joka vaatii kaikkein pisimmän näkyvissäoloajan (yli 200 ms) tullakseen havaituksi (Rihlama 1985, Työterveyslaitos 1985b).

## Akromaattiset värit

Akromaattinen värivaikutelma syntyy, kun kohteen pinta heijastaa kaikki valon aallonpituudet samalla lailla. Akromaattinen väri sisältää harmaan eri sävyt: valkoinen-harmaa-musta. Ihmissilmä muodostaa akromaattisista väreistä paljon terävämpiä kuvia kuin kromaattisista väreistä. Pieniin yksityiskohtiin on syytä käyttää mustaa, valkoista ja harmaata ja käyttää kromaattisia värejä isompiin alueisiin ja huomion kiinnittämiseen (Työterveyslaitos 1985b).

Valkoinen väri heijastaa eniten valoa. Se luo kirkkaan vaikutelman. Tiheäjaksoiset valkoisen ja muiden värien yhdistelmät ovat helposti ärsyttäviä, mutta harkitulla yhteiskäytöllä saadaan aikaan helppolukuisia ja miellyttäviä merkkejä. Musta on tummin väri ja se korostaa vaaleiden värien kirkkautta. Sitä voidaan käyttää

merkeissä vastakohtaisuuksien synnyttämiseksi. Laajoina pintoina esiintyessään se synkistää vaikutelmaa. Harmaa luo helposti arkisen ja masentavan vaikutelman, mutta on erittäin hyvä taustaväri, jos esillä on yhtä aikaa sekä vaaleita että tummia värejä (Rihlama 1985).

## 2.9. Oikean värin valinnasta

Kuvaruutukartan värien valinnan tavoitteena on mahdollistaa halutun tietosisällön esittäminen kartalla siten, että se palvelee mahdollisimman hyvin kartan suunnittelua käyttötarkoitusta. Kartalla voidaan pyrkiä korostamaan joitakin tietoja ja vastaavasti jättää jotkut tiedot taustalle. Toisaalta tavoite voi olla saada aikaan ulkoasultaan mahdollisimman miellyttävä tuote. Värien käytössä on oltava varovainen. Liian usean tai väärin värien käytöllä voidaan helposti pilata kartan ulkoasu.

Tietojen korostaminen perustuu erilaisten kontrastien hyödyntämiseen. Ensisijainen informaatio pyritään esittämään väreillä ja symboleilla, jotka erottuvat hyvin taustasta. Esimerkiksi tien varren opaskartoissa osoitetaan taulun sijainti punaisella ympyrällä, joka erottuu hyvin taustaväristä ja kartan muusta informaatiosta. Harmonia on kontrastin vastakohta. Siihen pyritään, jos halutaan, että karttatuote on miellyttävä käyttää ja ulkoasultaan rauhallinen. Ahkerassa ja pitkäaikaisessa käytössä oleva kartta ei saa olla ulkoasultaan liian räikeä. Jos kartalla esitetään paljon tärkeää tietoa, ei niitä voi esittää räikeillä väreillä heikentämättä kartan informatiivisuutta. Päinvastoin on pyrittävä käyttämään värejä, jotka poikkeavat selvästi toisistaan, mutta voivat esiintyä rinnakkain.

Jos tavoitteena on harmoninen ulkoasu, kartalla ei voi käyttää värejä tasaisesti koko väriympyrän alueelta, sillä toiset värit dominoivat muita enemmän ja värien havaittavuudessa on eroa. Taustaväreiksi sopivat hyvin tummat värit spektrin ääripäistä, kuten punainen, sininen ja magenta tai sekoitetut värit, kuten ruskea. Kirkkaat, spektrin keskellä olevat ja ei-puhtaat värit, kuten vihreä ja keltainen sopivat kuvaamaan pieniä kuvioita ja kohteita, joita halutaan korostaa (Sainio 1992).



Kartan käyttäjän katse kiinnittyy ensimmäiseksi kirkkaisiin ja puhtaisiin väreihin. Niillä tulee kuvata kohteita, joihin katsojan huomio halutaan kiinnittää. Pienet yksityiskohdat on saatava erottumaan terävästi. Siksi ne on hyvä kuvata värillä, joka muodostaa taustan kanssa mahdollisimman suuren tummuuskontrastin. Esimerkiksi mustalla pohjalla ne voidaan kuvata valkoisella ja päinvastoin (Sainio 1992).

Pelkillä väripinnoilla on hankala muodostaa helposti luettavia ja tulkittavia kuvioita. Rajaviivan piirtäminen helpottaa kuvioiden mieltämistä, mutta ei poista ongelmaa, joka aiheutuu väriaistimuksen erilaisuudesta värin ympäristön vaihdellessa (Brewer 1991).

Kartan värejä valittaessa on hyvin tärkeää ottaa huomioon värien ihmisille tuottamat mielikuvat. Ne ovat osaksi henkilökohtaisia, mutta monille väreille on kulttuurissamme muodostunut selkeä merkitys. Punainen tuo monelle mieleen kiellon ja keltainen uhkaavan vaaran tai varoituksen. Vihreä liittyy vapauteen, musta suruun ja valkoinen puhtauteen. Lämpimillä väreillä esitetyt kohteet tuntuvat havaittaessa lähestyvän katsojaa ja kylmillä väreillä kuvatut loittonevan. Vallitseva kulttuuri vaikuttaa voimakkaasti mielikuvien muodostumiseen. Esimerkiksi edellä kuvatut musta ja valkoinen länsimaisen kulttuurin surun ja puhtauden väreinä saavat intialaisessa kulttuurissa täsmälleen päinvastaiset merkitykset (Rihlama 1985).

Topografisten karttojen tulkitsemista helpottaa, jos kohteet esitetään saman värisinä kuin ne luonnossa yleensä esiintyvät (Imhof 1982). Kohteiden luonnollisia värejä on vaikea yksiselitteisesti määrittää, sillä luonnon värit näyttävät erilaisilta riipuen siitä, katsotaanko kohdetta maan pinnalta, ilmasta vai avaruudesta. Veteen liittyvät kohteet kuvataan kuitenkin usein sinisellä, ja sinisen käyttö muun tyyppisten kohteiden kuvaamisessa aiheuttaa helposti sekaannusta, ellei värin merkitys selkeästi ilmene kartan legendasta. Luonnollisten värien ohella voidaan käyttää kohteiden symbolisia värejä. Joitakin kohteita on perinteisesti esitetty jollakin värillä ja kartan käyttäjät ovat mieltäneet asian niin voimakkaasti, että yhdistävät automaattisesti värin ja sen opitun merkityksen. Hyvä esimerkki tästä on punaisen värin käyttö teiden kuvaamisessa.



Suunnistuskartta on hyvä esimerkki kartasta, jonka tehokas käyttö perustuu käyttäjäkunnalle vakiintuneisiin mielikuviin eri värien merkityksestä. Karttaa käytetään kilpailutilanteessa kovassa juoksuvauhdissa ja sitä tutkitaan nopeasti vilkaisten. Yhdellä vilkaisukerralla on kyettävä irrottamaan kartasta haluttu informaatio alle sekunnissa ja tulkitsemaan se oikein. Tämä ei olisi mahdollista, ellei suunnistaja voisi luottaa siihen, että kartantekijä noudattaa sovittuja kuvausohjeita ja sininen merkitsee vettä, keltainen avointa aluetta, vihreä vaikeakulkuisuutta jne.

Jos kartalla on monia erilaisia pistemäisiä kohteita, ei niiden luokittelu onnistu pelkän värin avulla, vaan niiden on erottava toisistaan myös symbolin muodon perusteella. Toisaalta monet viivamaiset ja aluemaiset kohteet tunnistetaan ensisijaisesti niiden muodon ja kontekstin perusteella. Esimerkiksi suurikaavaisessa kartassa tunnistetaan suorakulmaiset sulkeutuvat viivamuodot helposti rakennuksiksi. Värien merkitys on varmistaa tulkinnan oikeellisuus ja jalostaa tulkintaa esimerkiksi kertomalla, mistä kohteen alalajista on kysymys. Onko tunnistettu kohde sittenkään rakennus, vaan esimerkiksi pysäköintialue tai autokatos, jne.

Värisokeus on ilmiö, joka on otettava huomioon kartan värisuunnittelussa. Jotkut ihmiset ovat täydellisesti värisokeita eli eivät erota mitään värejä, vaan näkevät kaiken mustana, valkoisena tai harmaan eri tummuusasteina. Sinisokeat ihmiset erottavat väreistä harmaan lisäksi vain punaisen ja vihreän. Puna- ja vihersokeat eivät erota vihreää ja punaista. Täydellinen värisokeus joidenkin tai kaikkien värien suhteen on verraten harvinaista, mutta sitä vastoin vaillinaisen väriaisti on varsinkin miehillä tavallisempi ilmiö. Noin 6% kaikista miehistä kärsii puna- tai vihervajavuudesta. He voivat erottaa kirkkaat värit, mutta saattavat nähdä jotkut punaisen tai vihreän sävyt lähes värittömänä harmaana. On pyrittävä välttämään ainakin kartan tärkeimpien kohteiden kuvaamisessa sellaisten värien käyttöä, jotka saattavat aiheuttaa vaikeuksia värisokealle tai vaillinaisen väriaistin omaavalle henkilölle (Työterveyslaitos 1985a).

### 3. KUVARUUTUKARTAT JA NIIDEN KÄYTTÖ

"Kartta on visuaalisesti tai muuten havaittava paikkaan sidotun tiedon esitysmuoto. Karttatietokanta on loogisesti yhteen liittyvien tiedostojen joukko, joka sisältää

strukturoitua kartan valmistukseen tarvittavaa tietoa reaali maailman kohteista. Maastotietokanta on tietosisältöä korostava nimitys tietokannalle, joka sisältää maastotietoa erilaisten karttojen laatimiseksi. Numeerinen kartta on sekä sijainti-että ominaisuustietoa sisältävä, numeerisessa muodossa oleva tietokanta, jonka tiedoille on olemassa graafiset kuvausohjeet. Kuvaruutukartta on numeerinen kartta, joka esitetään ja jota käytetään kuvaruudulla. Kuvaruutukartan visualisointiin tarvitaan tietokoneohjelma, jonka avulla kuvaruutukarttaa voidaan käsitellä ja käyttää." (Sainio 1992)

Kuvaruutukarttoja voi olla monenlaisia. **Staattninen** kuvaruutukartta tuotetaan kuvaruudulle vain katseltavaksi. Käyttäjällä voi olla mahdollisuus valita ruudulle erilaisia karttoja tai esitettävä alue, mutta sen jälkeen hän ei voi vaikuttaa näkemänsä kartan ulkoasuun. **Interaktiivinen** kuvaruutukartta kommunikoi käyttäjän kanssa. Käyttäjä voi vaikkapa suunnitella kartan ulkoasun mielensä mukaiseksi tai tehdä kartan välityksellä kyselyjä tietokantaan. Kuvaruutukartta voi olla myös **2-ulotteinen** tai **3-ulotteinen malli**. Jos viimeksi mainittuun lisätään aikakomponentti, voidaan puhua jopa 4-ulotteisesta kartasta. Tällöin kuvaruutukartta toteutetaan **animaationa** eli liikkuvien karttakuvan osien avulla. (Artimo 1993).

Kuvaruutukartan toteuttaminen vaatii, että visualisoitava data on numeerisessa muodossa. Tiedon laatu ja käyttötarkoitus sekä visualisointiin käytettävä ohjelmisto vaikuttavat siihen, minkä tyyppinen kuvaruutukartta aineistosta syntyy. **Perinteisiä kartta-atk-ohjelmistoja** käytetään yleensä tavanomaisten painettujen maasto- ja teemakarttojen tuottamiseen. Tulostetun tai painetun lopputuotteen valmistusprosessissa työskennellään myös kuvaruutukartan avulla karttaa digitoitaessa ja editoitaessa. Kuvaruutukartta voi olla **käyttöliittymä tietokantaan**, jolloin esim. tilastolliseen tietokantaan tehtäviä kyselyjä voidaan suorittaa ja havainnollistaa kuvaruudun avulla. **CAD-ohjelmistoilla** visualisoidaan 3-ulotteisia korkeus- ja maastomalleja. Niillä voidaan esittää paikkatietoja myös 2-ulotteisena kuvaruutukarttana. **GIS-ohjelmistoilla** voidaan CAD-ohjelmille ominaisten tiedon tallentamisen ja esittämisen lisäksi toteuttaa tiedonhallintaa ja analyysyjä. **Kartan julkaisuohjelmistoja** käytetään painetun kartan suunnitteluun kuvaruudulla. Niiden avulla voidaan ottaa kuvaruutukartasta väritulosteita tai tuottaa painofilmiä



värierottelu. Uusimpia ja kehittyneimpiä kuvaruutukartan sovellusmuotoja ovat **hypermedia** ja **virtuaalitodellisuus** (Artimo 1993).

Sainio (1992) on lisensiaattityössään jakanut kuvaruutukartat perinteisen kartan kaltaisiin kuvaruutukarttoihin ja pelkistettyihin kuvaruutukarttoihin. Jos kuvaruutukarttaa käytetään graafisen kartan tuotantoprosessissa kerätyn numeerisen tiedon visualisoimiseen, on tarkoituksenmukaista, että kuvaruutukartta noudattelee lopputuotteen kuvaustekniikkaa. Perinteisen kartan tietoja voidaan kuitenkin tietotekniikan avulla visualisoida myös aivan uudella tavalla. Tietoa voidaan käsitellä lehtijaosta riippumatta. Tarkastelusta voidaan jättää pois joitakin perinteisen kartan elementtejä ja keskittyä vain käyttösovelluksen kannalta olennaiseen tietosisältöön. Jos kartan kohteiden väriä voi vaihdella kuvaruudulla, voidaan perinteisen kartan tiedoista laatia ulkoasultaan erilaisia tuotteita.

Pelkistetty kuvaruutukartta on alusta alkaen suunniteltu ja toteutettu ainoastaan kuvaruudulla käytettäväksi. Siinä voidaan hyödyntää esitystapoja, jotka ovat graafisella kartalla mahdottomia. Pelkistetyn kuvaruutukartan esitysasua ja tietosisältöä voivat vaihdella käyttäjän ja tilanteen mukaan. Pelkistetty kuvaruutukartta on luonut aivan uusia kartan käyttötilanteita (Sainio 1992).

### **Kuvaruutukartta osana maastotietojärjestelmää**

Numeerisen maastotietojärjestelmän rakentaminen on edennyt Suomen kaupungeissa ja kunnissa jo varsin pitkälle. Useimmissa kaupungeissa on numeerinen pisterekisteri, joka kattaa valtaosan rajapisteistä. Suurella osalla kaupungeista on käytössään myös runsaasti numeerista kiinteistö- ja kantakartta-aineistoa. Missään kunnassa ei vielä ole valmista maastotietokantaa, mutta valmius tai halukkuus atk:n käyttämiseen kartan tuotannossa on yleistä (Kuntaliitto 1994).

Kaupunkikunnat tuottavat kartastonsa perustaksi kantakarttaa mittakaavassa 1:500 - 2000 ja virastokarttaa 1:4000 - 10000. Muissa kuin kaupunkikunnissa virastokartan korvaa usein kaavan pohjakartta mittakaavassa 1:1000 - 2000 (Kuntaliitto 1994).



Kantakartta on yleensä kaksielementtinen yleismaastokartta. Yhdellä elementillä ovat pohjakuviot ja korkeuskäyrät. Toisella ovat kiinteistörajat. Kantakartan laatimista ohjaavat kaavoitusmittausasetus (493/82) ja MMH:n Kaavoitusmittausohjeet (MMH 1983). Kantakarttaa käytetään mm. pohjakarttana kunnan alueelle laadittaville kaavoille, kunnallisteknisille suunnitelmille tai rakentamispäätöksille (Kuntaliitto 1994).

Virastokartta laaditaan kantakartan tai ilmakuvien pohjalta. Siinä kuvataan maasto-osoite-, kiinteistö- ja asemakaavatiedot kuudella tai seitsemällä elementillä. Virastokarttaa käytetään pohjana esimerkiksi johto- ja kiintopistekartoille (Kuntaliitto 1994).

Karttoja toimitetaan käyttäjille pääasiassa graafisina tulosteina. Tulevaisuudessa siirrytään kuitenkin yhä enemmän tiedon siirtämiseen numeerisessa muodossa. Kaupunkiliiton suosituksen mukaiseen maastotietojärjestelmään kuuluvat myös tulostuslaitteet sekä käyttöliittymä ja graafinen hakemisto kunnan paikkatiedon yhteiskäytön järjestelmälle. Näiden avulla otetaan maastotietojärjestelmästä sekä vakio- että erityistulosteita. Tavallisten kanta-, virasto- ja yleiskarttojen lisäksi on voitava tuottaa myös erilaisia teemakarttoja tai käyttäjän itsensä määrittelemiä tulosteita (Kuntaliitto 1994).

Maastotiedon visualisoiminen näyttölaitteella on olennainen osa kunnan paikkatietojärjestelmän toimintaa. Kuvaruutukartta toimii graafisena käyttöliittymänä järjestelmään ja paikkatietokantaan. Kehittyvät paikkatietojärjestelmät pystyvät palvelemaan yhä yksilöllisemmin jokaista tiedon tarvitsijaa. Tämä kehittyminen ei ole mahdollista, ellei tiedon visualisointia kuvaruutukartoilla kehitetä vastaamaan samoja tarpeita.

### **3.1. Värien käyttöä kartalla säätelevät määräykset ja ohjeet**

Kuntaliitto on laatinut ohjeet maastotietojärjestelmien tiedonkeruun helpottamiseksi ja tietojärjestelmien yhteensovittamiseksi (Kuntaliitto 1994). Liiton tavoitteena on saada aikaan maastotietojärjestelmien julkishallinnollinen standardi. Julkaisu sisältää keskeisten sijantiin liittyvien tietojen luokituksen, jota kuntien teknisten

sektorien toivotaan noudattavan. Se keskittyy paikkatietojärjestelmien tietosisältöön.

Maastotietojärjestelmän graafisena hakemistona toimiva kanta- tai virastokartta on tyypillinen esimerkki kuvaruudulla esitettävästä perinteisestä kartasta. Perinteisten kanta- ja virastokarttojen kuvaustekniikka noudattaa Kaavoitusmittausohjeissa (MMH 1983) annettuja kuvausohjeita, joissa määritellään, mitä seikkoja kartassa on kuvattava ja miten kuvaus on suoritettava. Esitettäessä vastaavia karttoja kuvaruudulla on yleensä jäljitelty graafisten karttojen ulkoasua.

Kaavoitusmittausohjeiden kuvausohjeet on laadittu graafista karttaa varten, joten niitä ei voi suoraan soveltaa numeerisissa järjestelmissä ja nykyisissä tulosmenetelmissä. Suomen Kuntaliiton suosituksen mukaisesti ollaan laatimassa graafisen kartan ohjeiden rinnalle kuvausohjeita, joissa otetaan huomioon uusien järjestelmien ominaisuudet. Myös Maanmittauslaitos on käynnistänyt hankkeen kaavoitusmittausohjeiden uudistamiseksi.

Kaavoitusmittausohjeiden kuvausohjeiden tietosisältö ei ole yhtä laaja kuin Kuntaliiton Maastotiedon luokittelu -julkaisussa. Kuvausohjeissa ei ole esitetty mm. maa- ja kallioperätietojen eikä maankäytön suunnitelmista kertovien tietojen kuvaamista. Toisaalta luokittelusuosituksesta puuttuu joitakin yksittäisiä tietoja, jotka ovat kuvausohjeissa (Kuntaliitto 1994). Kaavoitusmittausohjeissa annetaan ohjeita symbolien ja viivojen ulkonäöstä ja viivanleveyksistä, mutta värien käyttöä niissä ei ole käsitelty.

Uusissa maastotietojärjestelmissä voidaan yksinkertaistaa karttakuvaa jättämällä siitä pois ominaisuustietojen graafinen kuvaus ja siirtämällä ne ominaisuustietokantaan. Kartasta tulisi selkeämpi ja sitä olisi helpompi pitää ajan tasalla (Kuntaliitto 1994). Ominaisuustietojen esittämiseen kuvaruudulla voisi käyttää myös eri värejä. Esimerkiksi rakennusten kohdalla kartan viivat kuvaisivat rakennuksen olemassaoloa ylipäänsä sekä sen ulottuvuutta ja viivojen ja symbolien väri kertoisi sen käyttötarkoituksen. Lisäksi monet nimittekstit voidaan jättää pois.



Perinteisen kaavoitusmittauksen korkeustieto esitetään korkeusluvuilla ja -käyrillä. Käyrien ymmärtäminen ei kuitenkaan ole maallikolle helppoa. Ne voitaisiin korvata esimerkiksi rasteri- ja väriyöhyke-esityksillä, mutta suurikaavaisilla kartoilla tämä ei ole mahdollista. Yksityiskohtaisessa suunnittelussa käytetään apuna maastomallia, joka on tarkempi kuin korkeuskäyräesitys (Kuntaliitto 1992).

Värien käytön maastotietojen visualisoinnissa voisi ulottaa myös paperitulosteisiin. Elektrostaattiset plotterit ja mustesuihkupiirturit ovat korvaamassa viivapiirturit ja helpottamassa väritulosteiden saamista. Väritulostaminen on vielä kallista, mutta laitteet yleistyvät ja halpenevat koko ajan. On kuitenkin vaikeaa saada kuvaruudun ja paperitulosteen värejä yhteneviksi. Mustavalkotulosteita tarvitaan edelleen, joten esityksen on perustuttava värien ohella symboleihin, viivatyyppeihin ja pintarasteihin (Kuntaliitto 1994).

### **Kanta- ja virastokartan värit**

Kanta- ja virastokarttoja käytetään pääasiassa pohjakarttana erilaisille teemaesityksille, kuten johtokartoille ja kaavakartoille (Kuntaliitto 1994). Rakennusvalvonnassa käytetään myös apuna kantan karttaa. Rakennuslupaa haettaessa on rakennuksen sijoittuminen esitettävä kantan kartalla. Jonkin verran kantan karttaa käytetään apuna geodeettisessa laskennassa. Pelkkää kanta- tai virastokarttaa ilman päällä esitettyä teema-aineistoa voidaan käyttää suuntaa antavana tietoa-aineistona erilaisissa suunnitteluun ja ylläpitoon liittyvissä inventoinneissa esim. kaavoitustyön tai kunnallisteknisen suunnittelun yhteydessä, mutta sen tarkkuus ei missään tapauksessa riitä kokonaan korvaamaan maastokatselmuksia tai maastomallimittauksia.

Kartoilla pyritään kuvaamaan hyvin runsaasti erilaisia maastonkohteita. Kohteita kuvataan pääasiassa pistemäisillä ja viivamaisilla symboleilla. Yksivärisessä esityksessä kohteet pyritään erottamaan toisistaan kuvaustekniikkaa vaihtelemalla. Viivaa piirrettäessä voidaan vaihdella kynän tms. leveyttä tai piirtää se yhtenäisen jäljen asemesta katkoviivana, jonka osien pituuksia ja välejä voidaan vaihdella. Viivamainen esitys voidaan muodostaa myös piirtämällä erilaisia symboleja peräkkäin, tai viiva voi koostua erilaisista ornamenttikuvioista. Jonkin verran kohteen tunnistamista helpottaa myös viivan muodostaman kuvion muoto ja



säännöllisyys. Ihmisen muodostamille kohteille on tunnusmerkillistä säännöllisempi muoto kuin luonnollisille kohteille.

Kaikista edellä kuvatuista mahdollisuuksista huolimatta on yksivärisellä kantakartalla kohtia, joilta on vaikeata erottaa, mitä mikin viiva esittää. Tyypillisesti teiden reuna- ja risteysalueilla kulkee hyvin lähekkäin ja osin toistensa päälläkin erilaisia viivoja, jotka kuvaavat esim. tien reunaa, ojan reunaa tai pohjaa, kiinteistörajaa, korkeuskäyrää, aitaa tms. rakennelmaa, pellon tai muun kasvillisuuskuvion rajaa tai rakennuksen seinälinjaa. Tällöin eivät yksiväriesityksen kuvaustekniikat enää riitä erottamaan kaikkia kohteita toisistaan käytetyssä mittakaavassa. Kanta- tai virastokartan päälle tehtävässä teemakartassa esitetään myös usein ilmiöitä tai toimintoja, joiden kuvattavat kohteet sijaitsevat samoilla alueilla. Tyypillisiä esimerkkejä ovat kaavakartan kaavamääräysalueiden rajat, jotka seuraavat kortteli-rajaja tai johtokartan tiedot johdoista, jotka hyvin usein kulkevat teiden ja katujen alla.

Kuvaruudulla esitettävän värillisen kanta- tai virastokartan tuottamista ohjaavat sovellettavin osin vastaavan graafisen yksivärisen kartan tuottamista säätelevät määräykset ja ohjeet, yleinen kartografinen tietämys värien käytöstä ja kuvaruutukartoista sekä niin ikään soveltuvien osin näyttöpäätteiden käyttöä työskentelyyn yleensä ohjaava tietämys.

Tuottamalla värillistä kantakarttaa voidaan em. ongelmat ratkaista, mutta yhtäläisesti ne asettavat myös lisärajoituksia kartan esityksessä käytettäville väreille. Kuvaamalla erityyppisiä kohteita monilla eri väreillä saadaan havainnollinen karttaesitys. Toisaalta käytettäessä kanta- tai virastokarttaa teemaesityksen pohjakarttana eivät sen värit saisi olla liian räikeitä ja hallitsevia, jotta teemaesitys erottuisi. Väreillä olisi voitava selkeästi erottaa toisistaan ja muista kohteista ainakin kiinteistörajat, kulkuväylät, rakennukset sekä vesialueet. Jotta kohteet erottuisivat toisistaan helposti, olisi niiden oltava väreiltään mahdollisimman paljon toisistaan poikkeavia. Jotta ohuimmatkin viivat havaittaisiin, olisi myös värien intensiteettien oltava suuria. Eri luokkien sisällä ei tulisi kuitenkaan tehdä enää tarkentavia luokitteluja värin avulla. Tarpeen vaatiessa voitaisiin esim. eri tasoiset tiet erotella toisistaan vaihtelemalla viivan piirtotapaa. Muut kuin edellä luetellut

kohteet esitettäisiin edelleen mustana tai kuvaruutukartan taustaväristä riippuen jollakin muulla neutraalilla värillä.

### **Kaavakarttojen värit**

Sisäasiainministeriö on päätöksessään asema-, rakennus-, yleis-, ja seutukaavoissa käytettävistä merkinnöistä annetun sisäasiainministeriön päätöksen muuttamisesta (39/80) antanut ohjeet mm. kaavojen aluevarausmerkinnöissä käytettävistä väreistä. Aluevarausten esittämisestä väreillä todetaan Sisäasiainministeriön kaavoitusohjeissa seuraavaa:









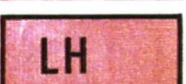
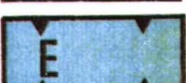
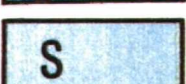
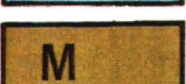


"Aluevarausten esittäminen väreillä edellyttää yleiskaavakartan painamista. Tämä esitystapa on suunnitelman käytön kannalta havainnollisin. Värejä ei tule käyttää yhtä aikaa rasterimerkintöjen kanssa. Painomenetelmää käytettäessä voidaan harkinnan mukaan vain osa maankäyttöluokista esittää väreillä." (Sisäasiainministeriö 1980b)

Asema- ja rakennuskaavoissa "rakennusalat tulisi havainnollisuuden lisäämiseksi värittää asianomaisen korttelialueen tummemmalla sävyllä" (Sisäasiainministeriö 1980a).

Kaavoitusohjeissa (Sisäasiainministeriö 1980a,b) on esitetty värimallit kaavojen aluevarausmerkinnöissä käytettävistä väreistä ja ilmoitettu suositeltavan sävyn numero Pantone-väritysjärjestelmässä, joka on yleisesti käytössä oleva painovärien määrittelyjärjestelmä. Pantone-värikorteissa ilmoitetaan vastaavan painovärien sekoittamisessa tarvittavat väriaineet ja niiden sekoitussuhteet. Pantone-sävyjä voidaan tuottaa myös subtraktiivisen värinmuodostuksen avulla rasteroimalla. Tätä varten on värikortissa ilmoitettu myös subtraktiivisen värinmuodostuksen perusvärien, syaanin, magentan ja keltaisen sekä tarvittaessa käytettävän mustan värin rasterikoot, joilla haluttu väri saadaan aikaan.

Kuvaruutuesitystä varten väri on muunnettava additiiviseen järjestelmään. Monissa graafisen alan ammattilaisten käyttöön tarkoitetuissa tietokoneohjelmissa tämä muunnos onnistuu automaattisesti. Ohjelmalle annetaan halutun värin numero

## Aluevarausmerkintöjen värit

Aluevarausmerkintä		Numero: <sup>1</sup>	Väri:
	A, AP, AR, AO, AM, AV	466	ruskea, vaalea
	AK, AL, AH	471	ruskea
	Y, YH, YL, YO, YS, YY, YM, YK, YU, YV	263	sinipunainen
	K, KL, KT	157	oranssinpunainen
	T, TT, TV, TY	421	harmaa
	V, VP, VL, VK, VU, VR, VV	369	vihreä, kirkas
	R, RA, RM, RT, RP	122	keltainen
	L, LT, LYS, LYT, LR, LL, LS, LK, LV, LP	199	punainen (reunus)
	LH, LA, LPY, LPA	182	punainen, vaalea
	E, ET, EK, EO, EH, EA, EP, EV	319	turkoosi
	S, SL, SM	324	turkoosi, vaalea
	M	398	vihreä
	MT, MP	586	vihreä, vaalea
	W	290	sininen

Rakennusalat tulisi havainnollisuuden lisäämiseksi värittää asianomaisen korttelialueen värin tummemmalla sävyllä.

1) Värin numero Pantone-väritysjärjestelmässä osoittaa suositeltavaa sävyä.



Pantone-järjestelmässä ja se laskee saman värin additiiviseen tuottamiseen tarvittavan RGB-järjestelmän päävärien sekoitussuhteen. Maastotietojärjestelmän tietojen visualisointiin käytettävissä ohjelmissa tämä ei yleensä ole mahdollista. Niissä värit määritellään RGB-järjestelmässä. Joissakin ohjelmissa voidaan värimäärittely tehdä myös HSV-mallin avulla tai subtraktiivisen värinmuodostuksen CMYK- (syaani, magenta, keltainen, musta) arvoilla.

Kun kaavatietoja visualisoidaan värillisellä kuvaruutukartalla, on mielekästä pyrkiä jäljittelemään painetun kaavakartan ulkoasua. Kyseessä on tällöin kuvaruutukartan perustyypeistä perinteinen kartta kuvaruudulla. Värien määrittely voidaan tehdä Pantone-korttien avulla. Korteissa ilmoitetun CMYK-järjestelmän mukaisen määrittelyn avulla voidaan käsin laskea vastaavan additiivisesti muodostettavan värin RGB-arvot, ellei käytössä olevan ohjelman värimäärittely tue CMYK-järjestelmää. Rasteroimalla muodostettu Pantone-väri ei kuitenkaan ole aina samanlainen kuin vastaava kompaktina väripintana painettava väri, johtuen painojärjestelmien rajallisista mahdollisuuksista tuottaa eri kokoisia rastereita. Siksi olisikin pyrittävä selvittämään suoraan eri Pantone-värejä vastaavat koostumukset additiivisessa värinmuodostuksessa ja käytettävä näitä RGB-arvoja, kun pyritään jäljittelemään perinteisen kartan ulkoasua kuvaruudulla. Johtuen 2.3. luvussa esitellyistä teknisistä tekijöistä sekä luvussa 3.3. kuvattavista WYSIWYG-ongelmista täydellistä vastaavuutta on kuitenkin vaikea saavuttaa.

Kaavakartan ulkoasua hallitsevat suuret väripinnat, joissa käytetään sävyjä koko kirjon alueelta. Ne asettavat suuria rajoituksia kaavan pohjakarttana käytettävän kantakartan väreille. Kantakartan kohteiden on sovittava yhteen usean eri värin kanssa siten, että pohjakartan tiedot erottuvat kaikista teemaesityksen väreistä, mutta eivät missään nouse liian hallitseviksi. Pohjakarttana käytettävän kantakartan tietojen kuvaamiseen ei voi tietenkään käyttää samoja värejä kuin kaavatietojen esittämiseen käytetään. Pohjakartassa ei voi myöskään käyttää kovin kirkkaita värejä, etteivät ne häiritsisi teemaesitystä. Pohjakartta voidaan tulostaa yksivärisenä jollakin neutraalilla värillä, joka erottuu taustaväristä ja teemaesityksen väreistä. Voidaan myös hyödyntää ns. läpikuultavuuden illuusiota eli lisätä tavallisen kantakartan väreihin valkoista tai vaaleata harmaata ja kuvata teemaesitys kirk-

kaammilla väreillä. Jos käytetään värillistä pohjakarttaa, saattaa olla aiheellista pohtia, pitäisikö joltakin osin poiketa kaavoitusohjeissa esitetyistä väreistä.

### **Johtokarttojen värit**

Suomen standardisoimisliiton standardi SFS 3161 sisältää mm. maanalaisten johtojen ja niihin liittyvien laitteiden sijaintia esittävien karttojen laatimiseen tarvittavat piirrosmerkit ja esitystavat. Eri johtolajit erotetaan toisistaan kirjaintunnuksilla ja standardissa "mainittuja värejä käytetään tarvittaessa karttakopioiden selventämiseen tai moniväripiirustusten valmistamiseen." Standardissa on nimetty kunkin johtolajin kuvaamiseen käytettävä sävy. Se ei sisällä tarkempia ohjeita värien käytöstä johtokartoilla (SFS 3161). Jos samalla kartalla esitetään useita johtolajeja, on syytä käyttää värejä, jotka voidaan erottaa toisistaan mahdollisimman hyvin. Käytännössä tämä johtaa kirkkaiden värien käyttöön johtojen esittämisessä. Pohjakartalla on näin ollen käytettävä joko maltillisia värejä tai on tyydyttävä mustavalkoiseen pohjaesitykseen.

Maastotietojärjestelmä mahdollistaa helposti sen, että johto- ja kaavakarttojen pohjakartan tietosisältö voi poiketa kanta- tai virastokartan tietosisällöstä ja voidaan tarpeen vaatiessa vaikka valita erilaiseksi joka kerran, kun tietoa visualisoidaan.

Nykyaikainen kunnan tietojärjestelmä voi sisältää maastotiedon lisäksi myös esim. kaavoitus- tai muita suunnittelu- ja johtotietoja. Näiden visualisointi yhdessä pohjatietojen kanssa tuo esille muutamia ongelmia. Koska kaava- ja johtotietojen esittämiseen käytettävät värit on annettu sisäministeriön kaavoitusohjeissa (1/1980, 2/1980) ja Suomen standardisoimisliiton standardissa (SFS 3161) ja ne ovat vakiintuneet käyttöön, tulisi samoja värejä käyttää myös kuvaruudulle visualisoinnissa. Tämä rajoittaa pohjakartan väritysmahdollisuuksia, jos halutaan säilyttää esitys selkeänä ja havainnollisena.

Tuotettaessa perinteistä karttaa kuvaruudulla voidaan soveltaa toisaalta painetun kartan tuotantoon liittyvää kartografista tietämystä ja esittämistapaa sekä toisaalta näyttötyöskentelystä yleensä olemassa olevaa tietoa ja hankittua kokemusta.



### 3.2. Nykyiset käytännöt kuvaruutukartan väreinä

Tämän työn yhteydessä tutustuttiin Helsingin ja Joensuun kaupunkien maastotieto- ja kantakartan tuotantojärjestelmiin sekä merkittävimpien ohjelmistotuottajien kehittämiin maastotietojärjestelmiin ja niiden tarjoamiin visualisointimahdollisuuksiin. Selvitysvaiheessa vierailtiin seuraavissa yhteisöissä:

- Karttakeskus (yhteyshenkilö Rita Sainio, FINGIS-asioissa Esa Mononen)
- Helsingin kaupunki (Heikki Laaksonen)
- Tekla Oy (DI Tuomo Kosonen)
- SITO Oy (Tarja Rantanen, Matti Rantanen)
- TKK/kartografia (tutkija Tapio Ruutiainen)

Keskusteluissa todettiin, että numeerisesti tuotettua kantakarttaa säätelevät samat ohjeet ja säännöt kuin käsin piirrettyä karttaa eikä kuvaruutukarttojen tuottamiselle ole annettu erillisiä ohjeita. Joissakin yhteisöissä ei kuvausteknisten ohjeiden antamista pidetty edes välttämättömänä, vaan haluttiin turvata mahdollisuudet täysimääräisesti hyödyntää jatkuvasti kehittyvien laitteiden ja ohjelmistojen ominaisuuksia kuvaustavan valinnassa. Yleinen käytäntö on, että numeerinen kantakartta noudattaa kuvaustekniikaltaan Kaavoitusmittausohjeita paitsi paperitulosteissa myös kuvaruutukartalla. Värillisiä kantakartan paperitulosteita ei yleensä käytetty. Musta-valkotulosteita pidettiin välttämättöminä arkistointia varten. Ne voidaan mikrofilmata toisin kuin väritulosteet.

Kuvaruutukartan väritys vaihtelee esimerkkiyhteisöissä suuresti, mutta yleensä värimallit oli laadittu ilman erityistä värisuunnittelua. Haastatteluissa todettiin, että värivalinnassa oli usein tyydytty pääväriihin ja valittu värit täysin matemaattisesti esim. yhdistelemällä RGB-arvoja 0%, 50% ja 100% intensiteettitasojen eri kombinaatioiksi. Näin saadaan 27 eri väriä, mikä määränä on riittävä, mutta ei ole pohdittu, saavutetaanko niillä ulkoasu, joka parhaiten täyttää kartalle asetetut tavoitteet. Toisaalta näin saatuja värimalleja voidaan sellaisenaan hyödyntää myös 4-bittisillä näytöillä, jotka kykenevät esittämään vain 16 väriä. Tulevaisuudessa tähän ei kannata tyytyä, vaan pyrkiä hyödyntämään uusien näyttöjen ominaisuuksia myös värisuunnittelussa. Toisaalta käyttäjät tottuvat käytössä olevaan värimalliin,



vaikka se ei olisikaan havainnollisin mahdollinen. Puutteiden huomaaminen värisuunnittelussa vaatii aktiivista paneutumista asiaan.

Värisuunnittelussa on pidettävä ensisijaisena tavoitteena sitä, että saavutetaan kartan käytön kannalta tarkoituksenmukaisin ulkoasu. Kuvaruudulla esitettävällä kantakartalla on useita käyttäjiä, jotka käyttävät karttaa täysin toisistaan poikkeavilla tavoilla. Kartan ylläpitäjän kannalta saattaa olla edullista käyttää kartassa niin montaa eri väriä kuin suinkin mahdollista. Värit voivat tällöin ilmaista kohteiden ominaisuuksia, jotka ovat nimenomaan ylläpitäjälle olennaisia. Eri aikoina, eri tavalla ja erilaisella tarkkuudella talletetut kohteet voivat olla kaikki eri värisiä. Samoin voi kohteen väri kertoa ylläpitäjälle tason, jolle se on talletettu. Tällainen kartta olisi kuitenkin muulle käyttäjäkunnalle erittäin vaikeaselkoinen ja hyödytön. Numeerista kartta-aineistoa voidaankin toimittaa käyttäjille ikään kuin musta-valkoisena ja antaa käyttäjien itse värittää tarvitsemansa tieto.

Tyypillisesti kuvaruutukartoissa käytetään paljon värejä ja yleensä liian montaa samanaikaisesti. Karttojen kuvaruutuusua määriteltäessä ei ole ajateltu kartan käyttäjää, ei ainakaan tavallista kansalaista. Jotta viivamaisia ja pistemäisiä kohteita voidaan luokitella värien avulla, on käytettävä kirkkaita ja mahdollisimman paljon toisistaan poikkeavia värejä. Värien lukumäärä on lisäksi rajoitettava 5-7:ään tai ainakin alle kymmeneen, jotta ne erottuisivat toisistaan (Sainio 1992).

Kantakartan värisuunnittelussa on otettava huomioon myös kantakartan käyttö muiden teematietojen esityksen pohjakarttana esim. kaavakartassa tai johtokartassa. Vaihtoehdot ovat seuraavat:

- 1) Valitaan kantakarttaan mahdollisimman sopivat värit antamatta kaavakarttojen ja johtokarttojen väristandardien vaikuttaa valintaan. Jos halutaan käyttää kantakarttaa pohjakarttana voidaan (täytyy) määrittää uudet värit siihen tarkoitukseen tahi tulostaa pohjatieto musta-valkoisena tai alkuperäisillä väreillä, mutta vaaleampana.
- 2) Valitaan kantakartan värit siten, että otetaan huomioon myös kaava- ja johtokartoissa käytettävät värit. Molemmissa käytetään

värejä koko kirjon leveydeltä, joten pohjatiedon esittämiseen ei jää montaa väriä jäljelle.

3) Valitaan kantakarttaan mahdollisimman joustava väriskaala siten, että se on havainnollinen esitettäessä pelkkää kantakarttatietoa, mutta on helposti muunnettavissa pohjakartan värikyseksi esim. yksinkertaisella vaalennusoperaatiolla.

Väriyksen valinnassa on joka tapauksessa varottava, ettei värejä tule liikaa ja pyrittävä siihen, että värit helpottaisi kohteen luokittelua kartalta. Kohteet on jaettava luokkiin, joiden sisällä kuvauksessa käytettävä väri olisi sama. On päätettävä, noudatetaanko jotain valmista luokitusta (esim. Kaavoitusmittausohjeet, Maastotiedon luokittelu tai FINGIS-työtasot) vai laaditaanko oma jaotus värien mukaan. Luokkien lukumäärä pitäisi olla kuvauksen kannalta järkevä, viidestä seitsemään tai korkeintaan kymmenen.

### **3.3. Värien käytön vaikutus kuvaustekniikkaan**

Alettaessa esittää kantakarttaa kuvaruudulla ei parhaan mahdollisen kartan ulkoasun saamiseksi riitä, että valitaan värit, joilla eri kohteet esitetään, vaan on kiinnitettävä huomiota myös muihin karttasymbolien muuntelumahdollisuuksiin (Bertin 1974) ja huomiotava värien käytön vaikutus niihin. Väriyksen myötä voi tulla tarpeelliseksi muuttaa kohdetta kuvaavan symbolin muotoa, kokoa tai rakennetta.

Sinisten kohteiden on oltava suhteellisesti suurempia erottuakseen kuin muun väristen. Siksi on varmistuttava, että symboli erottuu myös sen jälkeen, kun sen väri on vaihdettu siniseksi. Hyvin voimakkaasti taustasta erottuva väri näyttää leviävän ja sen rajat ovat epämääräiset. Esimerkiksi mustalla taustalla esitettävä keltainen katkoviiva, jossa viivan katkokset ovat hyvin lyhyitä, saattaa varsinkin suurilla näytöillä, joilla esiintyy miskonvergenssia näyttää yhtenäiseltä viivalta. Tällöin on kiinnitettävä huomiota symbolin rakenteeseen, jotta se ei sekaantuisi muihin samankaltaisiin symboleihin.



Joskus kuvattavalla alueella on esitettäviä kohteita niin lähekkäin, että niitä osoittavat karttasymbolit menevät kokonaan tai osittain päällekkäin. Musta-valkoisella kartalla voi olla vaikeata tulkita tällaisia kohteita ja kartta voi olla hyvin epämiellyttäväksi käyttää. Selkeyden vuoksi voidaan päällekkäin kuvautuvat kohteet piirtää kartalla erilleen toisistaan. Tällöin kohteiden sijaintitarkkuus kärsii ja määritettävä tärkeysjärjestys sille, mitkä kohteet väistyvät muiden tieltä. Jos päällekkäin kuvautuvat symbolit piirretään eri väreillä, tilannetta voi olla helpompi hallita. Symbolit voivat mennä limittäin ja vaikka ne olisivat muodoltaan ja kooltaan samanlaisiakin, ne erottuvat värinsä perusteella. Jos symbolit ovat eri kokoisia, ne voidaan piirtää vaikka täsmälleen samaan paikkaan, kun piirto-ohjelmassa huolehditaan siitä, että näyttöön tulostuu ensin kooltaan suurempi symboli.

Värien käyttö mahdollistaa kantakartan pohjalta tehtyjen kuvaruutukarttojen esittämisen rasterikarttana, jossa on myös aluemaisia symboleja. Maanpinnan maa-alueet ja maa-ainesalueet on perinteisillä kantakartoilla esitetty symboleilla, joita on piirretty kartoille tilan salliessa ja alueiden rajoja kuvaavilla pisteviivoilla (MMH 1983, Kuntaliitto 1994). Varsinkin suuria alueita on tällaisen kuvauksen perusteella vaikea hahmottaa. Jos niiden kuvaamiseen käytettäisiin erilaisia väripintoja tai -rastereita, ne erottuisivat huomattavasti selkeämmin. Aluerasteroinnin toteuttaminen vaatii kuitenkin rasteripohjaista maastotiedon käsittelyä ja huolellista värivalintaa, jotta kartan ulkoasu olisi onnistunut.

### **3.4. WYSIWYG-ongelmat kuvaruutukartan ja paperitulosteen värien yhdenmukaisuudessa**

Paikkatietojärjestelmään kuuluvasta kuvaruutukartasta halutaan usein saada myös paperitulosteita. Kartan käyttämisen ja ymmärtämisen kannalta on yleensä toivottavaa, että paperille tulostettu kartta olisi mahdollisimman paljon kuvaruutukartan kaltainen. Paperitulosteen värit näyttävät kuitenkin helposti erilaiselta kuin vastaavan kuvaruutukartan värit. Paperin väri näyttää erilaiselta kuin sama väri kuvaruudulla tai kaksi väriä, jotka kuvaruudulla ovat lähellä toisiaan, näyttävät paperilla täysin erilaisilta. Tämä johtuu paperitulosteen ja kuvaruudun värinmuodostuksen välillä valitsevista eroista. Kuvaruudulla värit muodostuvat additiivises-

ti, kun paperilla toteutuu subtraktiivinen värinmuodostus. Näytön "nollaväri" on musta. Ne kohdat, joihin ei ohjata säteilyä, jäävät mustiksi. Jos halutaan muun värinen tausta, on koko kuvaruutu "väritettävä". Paperilla tämä pohjaväri on yleensä valkoinen. Paperitulosteiden väriavaruus on suppeampi kuin kuvaruudun väriavaruus (Oittinen 1991). Nämä erot on tunnettava ja hallittava, jos halutaan saavuttaa tilanne, jossa paperille pystytään tulostamaan täsmälleen kuvaruudulla näkyvää vastaava kartta. Tästä tilanteesta käytetään nimitystä **WYSIWYG** (What You See Is What You Get).

### **Kuvaruudun väri $\neq$ paperitulosteen väri**

Jos kuvaruudulla esitetään iso yksivärinen, esimerkiksi puhdas punainen pinta, tulostetaan saman pinnan sisältävä kuva paperille ja sitten asetetaan paperituloste ja kuvaruudun kuva rinnakkain, todennäköisesti pinnat eivät ole täsmälleen samanvärisiä. Syyt tähän ovat värinmuodostuksen ja tulostuksen teknisissä eroissa. Kuvaruudun additiivisessa värinmuodostusprosessissa värit saadaan aikaan yhdistämällä osavärien aallonpituuksia omaavia valoja, kun paperilla värinmuodostus tapahtuu subtraktiivisesti sekoittamalla osavärejä. Esimerkin punainen väri saadaan kuvaruudulla aikaan helposti varaamalla vain punaista valoa emittoivia fosforitäpliä. Paperin punainen tuotetaan tulostamalla päällekkäin magentan ja keltaisen osavärien yhtenäiset pinnat. Lopputuloksena syntyvien väripintojen heijastaman säteilyn aallonpituusjakaumat eivät välttämättä ole täsmälleen samanlaiset, joten pinnat näyttävät eri värisiltä, vaikka muodollisesti ajatellen edustavat samaa väriä eri tavoin tuotettuna.

Tämä ei varsinaisesti ole ongelma, vaan pikemminkin ominaisuus, jota ei voida kokonaan poistaa, vaan joka on otettava huomioon ja opittava hallitsemaan. Paperin ja kuvaruudun värien aallonpituusjakauma voidaan toki määrittää jollakin mittalaitteella ja säätää kuvaruudun värit vastaamaan paperin värien aallonpituusjakaumia. Tilanne pyrkii kuitenkin muuttumaan nopeasti. Määritetty vastaavuus pätee vain nimenomaiselle näyttö-tulostin -parille mittaushetkellä vallinneissa olosuhteissa. Edellä luvussa 2.3. on esitelty kuvaruudun teknisiä ominaisuuksia, joista johtuen kuvaruutukartan ulkoasu vaihtelee valaistuksen ja magneettisuuden mukaan yhdelläkin näytöllä ja varsinkin eri näyttöjen kesken.



Edellä jo viitattiin kuvaruudun ja tulostimen värinmuodostuksen teknisiin eroihin. Tuotettaessa väritulostetta kuvaruudulta on näytön värit muunnettava tulostimen värinmäärittelyjä vastaaviksi. Subtraktiivisen värinmuodostuksen väriarvot voidaan määrittellä RGB-arvojen vasta-arvoina:

$$C=1-R, M=1-G, Y=1-B,$$

jolloin RGB-arvot on skaalattu alueelle 0..1. Saatavat arvot kuvaavat osavärien suhteellisia rasterialoja. Tässä muunnoksessa oletetaan, että osavärien väriaineet ovat aallonpituusjakaumiltaan ihanteellisia, mitä ne eivät koskaan ole. Syntyvää virhettä voidaan korjata muunnoskaavoihin liitettävällä värinkorjailuoperaatiolla, mutta tulostusjälkeen vaikuttavat myös muut virhelähteet, mikä johtaa edellä kuvatun kaltaisiin eroihin kuvaruudun ja paperin värien aallonpituusjakaumien välillä (Oittinen 1991).

### **Puhdas vihreä on näytöllä vaalea ja paperilla tumma**

Seuraava esimerkki havainnollistaa erästä värinmuodostusprosessien teknisistä eroista aiheutuvaa ongelmatilannetta. Kuvaruudun perusvärien intensiteetit vaihtelevat tyypillisesti välillä 0..255. Paperille tulostamista varten nämä värejä määrittelevät arvot on muunnettava CMYK-osavärien suhteellisiksi rasterialoksi, jotka ilmoitetaan prosentteina. Kuvaruudulla suurimman intensiteetin omaava vihreä väri  $(R,G,B) = (0,255,0)$  näyttää vaaleammalta kuin "puolikas" vihreä  $(R,G,B) = (0,123,0)$ . Paperilla vihreä saadaan aikaan yhdistämällä yhtä paljon syaania ja keltaista. Kompakti 100% vihreä, joka vastaa kuvaruudun suurimman intensiteetin vihreää  $(0,255,0)$ , syntyy tulostamalla yhtenäinen syaani ja keltainen pinta päällekkäin. Tämä näyttää *tummemmalta* kuin kuvaruudun  $(0,123,0)$  väriä vastaava 50% vihreä, joka muodostuu 50% syaenin päälle tulostetusta 50% keltaisesta (Brown & van Elzakker 1993).

### **Näytön harmonia särkyä paperilla**

Edellä esitetyt ongelmat WYSIWYG-tulostuksessa liittyvät lähinnä absoluuttiseen värinmäärittelyyn. Suurempia ongelmia kohdataan pyrittäessä löytämään jonkin asian tai teeman kuvaamiseen soveltuvia väriskaaloja ja siirtämään niitä paperitu-

losteisiin. Tällöin saattaa käydä niin, että kaksi väriä, jotka kuvaruudulla vaikuttavat olevan lähellä toisiaan, näyttävätkin paperilla täysin erilaisilta toisiinsa nähden. Syynä on paperitulostimien pienempi väriavaruus verrattuna kuvaruutuun.

Kuten luvussa 2.3. todettiin, yleisesti käytössä olevissa 24-bittisissä näytöissä voidaan osaväreille antaa 256 erilaista arvoa. Kaikki mahdolliset yhdistelmät käyttämällä saadaan  $16\,777\,216$  eri väriä. Tämäkään ei riitä toistamaan kaikkia luonnon äärettömän monia eri värejä, mutta on riittävä diskretisointi kautta koko kirjon eikä ihmissilmä millään pysty erottamaan kaikkia värejä toisistaan.

Paperitulostimissa värit muodostetaan tulostamalla päällekkäin eri kokoisia väripisteitä eri osaväreillä. Yleisesti saatavilla olevan hintaluokan tulostimissa on varsin rajalliset mahdollisuudet vaihdella väripisteiden kokoa. Jos tulostin voi tulostaa 11 eri kokoista väripistettä kullakin osavärillä syaani, magenta, keltainen ja musta, siten että koko "0" vastaa tilannetta, jolloin ko. osaväriä ei tulosteta lainkaan, voidaan laitteella saada aikaan  $11^4 = 14\,641$  eri väriä. Tämä on huomattavasti vähemmän kuin näytölle saatavien värien lukumäärä. Lisäksi visuaalisessa tarkastelussa osoittautuu usein, että tummimmat värit (pistekoot 8-11) ovat usein hyvin toistensa kaltaisia. Muunnettaessa näytön värit tulostimen järjestelmään joudutaan pyöristämään saatu väri lähimpään laitteella toteutettavissa olevaan väriin. Siksi varsinkin vaaleammat värit, jotka näytöllä ovat hyvin toistensa kaltaisia, saattavat sijaita sellaisessa väriavaruuden kohdassa, että ne muunnosvaiheessa pyöristyvät loitolle toisistaan eli toteutettaviksi sellaisilla osavärien suhteellisilla rasterialoilla, että ne näyttävät lopulta hyvin erilaisilta (Brown & van Elzakker 1993, Oittinen 1991).

Tämä vaikeuttaa varsinkin karttojen suunnittelua, jos aikomuksena on esittää kohteiden laatua tai ominaisuuksia eri väreillä. Jos halutaan noudattaa WYSIWYG-periaatetta, on jo kuvaruutuesityksessä käytettävä sellaista väriskaalaa, joka on toteutettavissa myös tulostimella. Erityisiä ongelmia kohdataan, jos halutaan käyttää sellaista skaalaa, jossa sävy ja kirkkaus säilyvät vakiona ja vain värin puhtaus muuttuu. Tällöin saatetaan tulostimen ominaisuuksien takia joutua tyytymään skaalaan, joka ei vastaa visuaalisesti parasta mahdollista näytöllä toteutettavissa olevaa asteikkoa.



Jotta voidaan suunnitella väriskaaloja, jotka ovat toteutettavissa ja havainnollisia sekä näytöllä että paperilla, on järjestelmän ja käyttäjien pystyttävä vastaamaan joihinkin yleisiin edellytyksiin. Värisuunnittelijan on ensinnäkin hallittava täysin oman järjestelmänsä värinmuodostusprosessi. Hänen on myös selvitettävä tarkalleen, miten mikin väri siirtyy näytöltä tulostimeen. Tämän selvittämiseksi on käytettävä kalibroitua näyttöä vakiona säilyvissä ja helposti toistettavissa olevissa valaistusolosuhteissa. Tulostuslaitteen ominaisuudet on myös tunnettava ja pyrittävä säilyttämään vakiona. Suunnittelua helpottamaan määritetään matemaattinen malli tai värivastaavuustaulukko, joka kertoo, miten kuvaruudun väri muuntuu tulostimen väriksi. Määrittely on tehtävä erikseen jokaiselle näyttölaite-tulostin-yhdistelmälle (Brown & van Elzakker 1993, Oittinen 1991).

## 4. KOETYÖT

Työhön liittyen tutkittiin erilaisia värimalleja numeerisen kantan kartta-aineiston visualisoimiseksi kuvaruudulla. Koetöillä pyrittiin selvittämään värien merkitystä kuvaruudulla esitettävän kantan kartan käytössä ja löytämään esitys ammatti- ja yleisökäyttöön tulevan maastotietojen visualisoinnin värimalliksi.

### 4.1. Koetyössä käytetty järjestelmä

Koetöissä käytettiin Intergraphin työasemaa ja ohjelmistoa. Tietokonelaitteena käytetyssä järjestelmässä on Intergraph InterPro 6040 -UNIX-CLIX -työasema. Näyttönä on 27" kuvaputki, jonka kuva-ala koostuu 1664 x 1248 pikselistä ja sen resoluutio on 82 pistettä tuumalla. Työaseman grafiikkaohjain on EDGE I graphics (extensible display geometry engine). Jokaista värikomponenttia kohti voidaan käyttää 256 värisävyä eli käytössä on yhteensä  $256^3$  eli n. 16,7 miljoonaa väriä. Yhtäaikaaisesti voidaan käyttää korkeintaan 256 väriä, jotka on järjestetty look up table -väritauluun.

Työaseman oheislaitteina ovat CD ROM -levyasema, magneettinauha-asema sekä värimatriisitulostin. CD-levyasemaa käytetään ohjelmistojen lataukseen ja päivitykseen. Magneettinauha-asemalla tehdään tiedostojen varmuuskopiot. Värimatriisitu-

lostin on Calcomp 5602 -lämpötulostin, jonka resoluutio on n. 8 pistettä/mm. Tulosteen koko on A4.

Työasemassa käytettiin Intergraphin MicroStation -ympäristöä. Sen perusohjelma on MicroStation32 -vektoriohjelmisto, joka on cad-tyyppinen ohjelma.

MicroStation32:n vektoritiedonhallinta perustuu ns. linkitettyihin listoihin. Vektoritieto talletetaan tiedostoon siinä järjestyksessä, jossa se on piirretty. Jokaisesta peruskuviosta talletetaan paitsi koordinaatit myös tieto viivan laadusta, väristä ja vahvuudesta. Tämä ei välttämättä ole hyvä ominaisuus karttatiedon käsittelyssä. Jos symbolin ulkoasuun tehdään muutos, se talletetaan samaan tiedostoon koordinaattien kanssa. Tämä on turhaa. Ns. look up -taulukoiden käyttö mahdollistaisi koordinaattitiedon tallettamisen erillisiin tauluihin, joista on viittaus symbolin muuhun tietoon.

Kuvion väri ilmoitetaan numerona välillä 0...255. Piirtovaiheessa värin ulkoasun määrää sillä hetkellä käytössä oleva väritaulu, jossa jokainen väri on määritelty RGB- ja HSV-järjestelmissä. Käyttäjä voi määritellä itselleen rajattomasti erilaisia väritauluja ja niiden vaihtaminen on hyvin yksinkertaista. Värimallivaihtoehtojen tutkiminen ja vertailu on helppoa.

Tulostusohjelmana käytettiin IPLOT -ohjelmaa. Sillä voidaan paitsi tulostaa haluttu kuva tulostimelle myös rasteriohjaimen kautta rasteroida vektoritiedosto. Lisäksi järjestelmässä on ollut käytössä Intergraphin MGE -ympäristön MapPublisher -kartan julkaisuohjelmisto. Sen avulla voidaan tehdä mm. rasteritiedoston värierottelu, jonka tuloksena saadaan syaanin, magentan, keltaisen ja mustan painovärin painofilmit.

MicroStation-perusohjelmisto, jota ei varsinaisesti ole suunniteltu kartan tekoon, sopii hyvin kartan suunnitteluun. Koska työn tarkoituksena ei ollut tutkia karttatiedonhallintaa tai muita kartanvalmistuksen vaiheita, erillistä karttaohjelmistoa ei tarvittu.



Kuvaruudun suurella koolla (27") on sekä hyviä että huonoja puolia. Suuri koko mahdollistaa suuren työalan, josta on paljon hyötyä karttaa suunniteltaessa. Suuri kuvaputki on kuitenkin erittäin herkkä maan magneettikentälle ja sen muutoksille. Näin ollen kuvaputken pieninkin kääntäminen aiheuttaa miskonvergenssistä johtuvaa virhettä väreihin. Kuvaruudun nurkkaosat ovat yleensä aina väärän väriset. Intergraphin 27" kuvaputkessa on miskonvergenssia vähentävä säädin, joka ei kuitenkaan poista ongelmaa täysin.

Värirasteritulostinta käytettiin hyvin vähän, koska tutkimuksen painopisteenä oli kartta kuvaruudulla. Tulostinta käytettiin vain pieniin koetulostuksiin.

#### **4.2. Koeaineisto**

Koetöissä käytettiin aineistona Joensuun kaupungin tuottamaa ja keräämää maastotietoaineistoa. Kuvaruudulla esitettävän kantakartan kuvaustekniikkaa tutkittiin Joensuun kaupungin Utran kaupunginosan aluetta esittävän vektorimuotoisen maastotietoaineiston avulla. Teemaesitysten pohjakarttojen värisuunnittelussa käytettiin samalta alueelta kerättyjä johto- ja kunnallistekniikkatietoja sekä koko kaupungin alueen kattavia yleiskaavatietoja. Kaikki koeaineistot olivat vektorimuodossa ja ne sisälsivät vain pistemäisiä ja viivamaisia kohteita.

Koeaineisto vastaa Joensuun kaupungin mittausosastolla käyttöön otettavan asiakaspalvelutietojärjestelmän aineistoa. Järjestelmällä pyritään siihen, että kantakarttatietoa tarvitseva asiakas voisi tutustua aineistoon ja tulkita sitä mahdollisimman pitkälle itsepalveluperiaatteella. Esimerkiksi rakennuslupahakemuksen liitteeksi tarvittavan asemapiirroksen pohjakartan tuottaminen voisi tapahtua kokonaan itsepalveluperiaatteella, jos kartan ulkoasu voidaan muokata sellaiseksi, että sitä on helppo tulkita ja siitä on helppo löytää haluttu alue ja tietosisältö ilman asiaan perehtyneen henkilökunnan opastustakin.

Koeaineiston oli kerännyt ja sitä ylläpitää Joensuun kaupungin mittausosasto. Tiedot siirrettiin Joensuun kaupungin käyttämästä FINGIS-ohjelmistolla toteutetusta maastotietojärjestelmästä koejärjestelmään magneettinauhalla FINGIS-siirtotiedostona. Siirtotiedosto muunnettiin MicroStation-formaattiin Intergraphin muun-

nosohjelmalla. Muunnosta ohjataan muunnostiedostolla, jossa mm. määritellään jokaisen muunnettavan kohteen taso ja ulkoasu (tyyppi, viivan leveys ja tyyli, väri).

Värimallien laatimista ja vertailua varten tiedot jaettiin 63 tasolle. Tasojako noudatti KT-Tietokeskuksen kehittämän MicroStation PC/UNIX -ympäristössä toimivan MGE\*kartta-kantakarttasovelluksen tasojakoa, joka on tämän työn liitteenä (liite 1). Jokaiselle kohteelle annettiin myös värinumero. Se kertoo, millä aktiiviseksi valitun väritaulun värillä kohde piirretään. Värinumero voi saada arvoja välillä 0...255. Muunnosvaiheessa asetettiin värinumeroksi sama kuin kohteen tason numero.

### 4.3. Koetyöt

Koetöissä pyrittiin löytämään kuvaruudulle tuotettavan vektorimuotoisen kantakartan viivakarttaesitykseen värimalli, joka parhaiten vastaisi kartan käyttötarkoitusta. Työn tärkeimpänä tavoitteena pidettiin em. asiakaspalvelukäyttöön tarkoitetun kartan värimallin suunnittelua. Kartan kohteille kokeiltiin useita eri värimalleja, joissa käytettävien värien lukumäärä oli enimmillään yli kymmenen. Lähtötilanteessa heti muunnoksen jälkeen värejä oli yhtä monta kuin tasoja eli 63. Värimallit määriteltiin sekä tummalle että vaalealle taustalle. Töissä päädyttiin pitämään parhaana luvussa 4. esiteltäviä värimalleja, joissa on taustavärin lisäksi käytössä kuusi eri väriä.

Tiedot on jaettu tasoihin, joiden sisällä kohteet esitetään samalla värillä. Tasot ovat **1. rakennukset, 2. tiestö, 3. rajat, 4. korkeustiedot, 5. vesialueet ja 6. muut kohteet.**

Rakennuksiin kuuluvat erilaiset rakennukset ja rakennelmat. Tiestöön kuuluvat teiden ja polkujen reunat sekä piha-alueet. Rajoihin kuuluvat tonttien ja yleisen alueen rajat sekä rasitteet. Nämä kolme tasoa muodostavat kantakartan tietoytimen ja niille pitäisi löytää sellaiset värit, jotka korostavat niitä muista tasoista, jotka erottuvat toisistaan mahdollisimman hyvin, ja jotka eivät korosta jotain tasoa muita enemmän. Korkeuskäyrät eivät saa korostua liiaksi eivätkä nousta kartan pääkoh-



teeksi, mutta ne on kuitenkin voitava esittää selkeästi. Vesialueet ovat myös hyvin tärkeitä kuvattavia. Ne ovat harvemmin suoranaisen kiinnostuksen kohteena, mutta niiden puuttuminen tai sekaantuminen muihin kohteisiin on vakava virhetilanne.

Pintasymbolit ovat erilaisia maankäyttömuotoja kuvaavia symboleja, jotka värillisessä kartassa voidaan korvata erilaisilla väreillä ja pintarastereilla. Koska tämän työn painopiste on viivakartan kuvaustekniikan suunnittelussa, jätettiin pintasymbolit työssä käsittelemättä. Tekstit ovat omilla tasoillaan, mutta niiden väri on sama kuin ao. kohteen väri.

Taustavärinä kokeiltiin mustaa ja valkoista sekä tumman ja vaalean harmaita (intensiteetti 25 % ja 75 % maksimista). Kuvattavien kohteiden erottuminen pohjasta perustuu tummuuskontrastiin. Mustalla saadaan aikaan suurin kontrasti. Kaikki värit näyttävät kirkkailta, mutta kontrasti on liian suuri, sillä viivat näyttävät ohuilta ja kapeimmat viivat häviävät miltei olemattomiin. Valkoisella pohjalla tummuuskontrasti jää liian pieneksi. Puhtaat värit erottuvat huonosti pohjasta ja voimakkaan vaalea ympäristö aiheuttaa sen, että kaikki värit näyttävät hyvin toistensa kaltaisilta. Tumman harmaalla taustalla värit erottuvat hyvin. Tummuuskontrastin lisäksi apuna on puhtauskontrasti. Puhtaat värit erottuvat hyvin, sillä harmaan taustan voidaan ajatella olevan sama sävy epäpuhtaana. Samoin vaalean harmaan taustan käytöllä saavutetaan parempi tulos kuin puhtaalla valkoisella, koska puhtauskontrasti parantaa tilannetta. Tummuuskontrasti on kuitenkin yhä liian pieni, jotta värit erottuisivat parhaalla mahdollisella tavalla.

Erityyppisten kohteiden erottamiseksi toisistaan on hyödynnettävä sävykontrastia, kylmä-lämmin-kontrastia tai vastavärikontrastia. Suuri merkitys viivakartan kohteiden tunnistamisessa on kuitenkin kohteen muodolla ja väri on vasta toissijainen tunnistuskeino.

### **Värivalinnasta**

Kartan taustavärinä voidaan käyttää jotain hyvin vaaleata tai tummaa harmaata. Aivan musta tai puhtaan valkoinen ovat taustaväreinä kuitenkin huonompia kuin hieman vaaleammat tai tummemmat sävyt. Taustavärin valinta vaikuttaa muiden

värien valintaan voimakkaasti. Kartan kohteiden värivalinta on helpointa aloittaa nimeämällä kohteiden luonnolliset värit.

Sininen on luonnollinen valinta veteen liittyvien kohteiden kuvaamiseen. Viivakartalla on käytettävä vaaleita sinisen sävyjä, jotta ne erottuisivat taustasta. Puhdasta sinistä voidaan käyttää yhdessä vaalean sinisen kanssa ja kuvata sillä veteen liittyviä kartan käyttötarkoituksen kannalta vähemmän tärkeitä kohteita. Esimerkiksi syvyyskäyrät voidaan piirtää tummemmalla sinisellä kuin rantaviiva, jonka merkitys kantakartalla on tärkeämpi.

Ruskea mielletään usein korkeustietojen väriksi. Merkitys on opittu peruskartoista, joissa korkeuskäyrät ovat ruskeita. Myös monille kouluajoilta tutuissa seinäkartoissa ovat alueet sitä tummemman ruskeita, mitä korkeammalla ne ovat. Suurimittakaavaisissa ilmakuvissa näyttävät ruskeilta vain jotkut suot ja hiekkatiet. Korkeus-tiedot eivät ilmakuvassa tietenkään näy millään tietyllä värillä, vaan ne hahmotetaan stereoskooppisella tarkastelulla tai varjomuodostelmista. Suomen olosuhteissa voidaan kuitenkin ajatella suuria korkeusvaihteluita sisältävien alueiden olevan yleensä metsäisiä, kun tasaisemmat alueet on raivattu asutus- tai viljelykäyttöön. Siksi korkeustietoja voisi ajatella esitettävän myös vihreällä. Joka tapauksessa valittava väri on oltava sellainen, että se ei korosta korkeuskäyriä, jotka eivät kuulu kantakartan tärkeimpiin tietoihin. Vihreä on myös luonnollinen väri erilaisia kasvillisuustietoja esittäville symboleille. Tällöin on syytä kuitenkin käyttää hyvin kirkasta vihreää, joka erottuu korkeuskäyrien väristä.

Kartan tärkeimmät tiedot, rakennukset, rajat ja tiestö, on esitettävä väreillä, jotka erottuvat parhaiten taustasta ja toisistaan. Kun pääväreistä sininen varataan vedelle ja vihreä metsäisille alueille, jäävät Ittenin (1989) väriympyrästä valittaviksi keltainen, oranssi, joka tietokoneen näytöllä on usein lähellä ruskeaa, punainen ja violetti. Lisäksi ovat CMY-järjestelmän päävärit syaani ja magenta.

Punaisen värin käytölle löytyisi perusteita jokaisen ryhmän kohdalla. Peruskartassa sekä tiet että kiinteistörajat kuvataan punaisella ja sen käyttäjät mieltävät hyvin värin merkityksen. Toisaalta punaisen tai punaruskean käyttöä rakennusten kuvaamiseen voidaan perustella rakennusten luonnollisella värillä. Talo mielletään



usein punaiseksi joko mielikuvissa ("punainen tupa ja perunamaa") tai todellisen seinä- tai kattovärinsä mukaan. Koetöissä päädyttiin esittämään punaisella nimenomaan rakennukset ja käyttämään sellaista sävyä, joka muistuttaa tiilikaton väriä.

Kiinteistörajat eivät maastossa ilmene millään tietyllä värillä, joka heti olisi mielletävissä. Koska ne kuitenkin ovat kantakartalla tärkeää tietoa, on ne syytä esittää värillä, joka mahdollistaa niiden tarkan kuvaamisen ja erottuu muista. Tummalla taustalla ne kuvataan keltaisella, joka näkyy hyvin ja toisaalta poikkeaa riittävästi rakennusten ja teiden väreistä. Tiestön luonnollinen väri vaihtelee päällysteestä riippuen ruskean, vaalean sinisen ja harmaan eri sävyissä. Sininen on varattu veden kuvaamiseen ja harmaan käyttö rikkoo kartan harmonian, jos muut pääkohteet, rakennukset ja rajat, kuvataan verraten kirkkailla väreillä. Tiestön väriksi valitaan ruskea, joka on riittävän kirkas, mutta erottuu selkeästi rakennusten punaisesta ja rajojen keltaisesta väristä.

Syaani ja magenta ovat puhtaina hyvin räikeitä värejä, jotka erottuvat voimakkaasti taustasta. Ne eivät ole luonnollisia värejä millekään kohteille. Ne tulisikin varata kohteille, joihin huomion kiinnittäminen on hyvin tärkeää. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi hengenvaaralliset alueet, kuten iso jyrkänne, ampumarata tai myrkyllisesti saastunut alue.

Seuraavassa luvussa esitellään joitakin koetöissä laadittuja värimalleja värikuvin ja taulukoin. Taulukoissa näkyvät koetöissä valitut värit erilaisille taustoille ja additiivisen järjestelmän perusvärien suhteelliset osuudet niissä.

## **5. KOELEHDEN VÄRISUUNNITELMA**

### **5.1. Käytettävät värit**

Pyrittäessä kuvaamaan kohteita väreillä, jotka helpottavat tunnistusta, on edullisinta käyttää kohteiden luonnollisia värejä. Luonnolliset värit ovat usein varsin vaaleita ja eri kohteilla hyvin samantyyppisiä, joten värimallissa joudutaan turvautumaan myös väreihin, joiden mieltäminen johonkin asiayhteyteen perustuu oppimiseen.

Kartan eri kohteet voidaan jakaa ryhmiin, joiden sisällä käytettävä väri on sama. Väri voidaan myös nimetä. Voidaan esimerkiksi päättää, että vedet esitetään sinisellä, talot punaisella, tiet ruskealla, korkeuskäyrät vihreällä jne, mutta tarkka värin määrittäminen on tehtävä jokaisessa esitysympäristössä erikseen. Elektronisten näyttölaitteiden ominaisuudet aiheuttavat, että värit eivät koskaan näytä kahdessa eri laitteessa täsmälleen samanlaisilta. Lähtökohtaisesti voidaan kuitenkin olettaa, että jos kaksi väriä sopivat yhteen jossakin laitteistoympäristössä, sopivat samoilla värikoordinaateilla määritetyt värit yhteen myös toisessa laitteessa.

Kohteiden esittäminen valitun päävärin puhtaimmalla sävyllä antaa harvoin parhaan lopputuloksen. Sataprosenttisesti puhdas sävy korostuu usein taustasta häiritsevän hyvin. Se kiinnittää liikaa katsojan huomiota kohteeseen ja saa sen ikään kuin nousemaan irti kartan taustasta ja muista kohteista. Jos kartan kaikki värit ovat puhtaita, tulee varsinkin paljon yksityiskohtia sisältävistä kartoista sekavia ja eri kohteet vaikuttavat taistelevan katsojan huomiosta, jolloin kartan käyttö on epämiellyttävää.

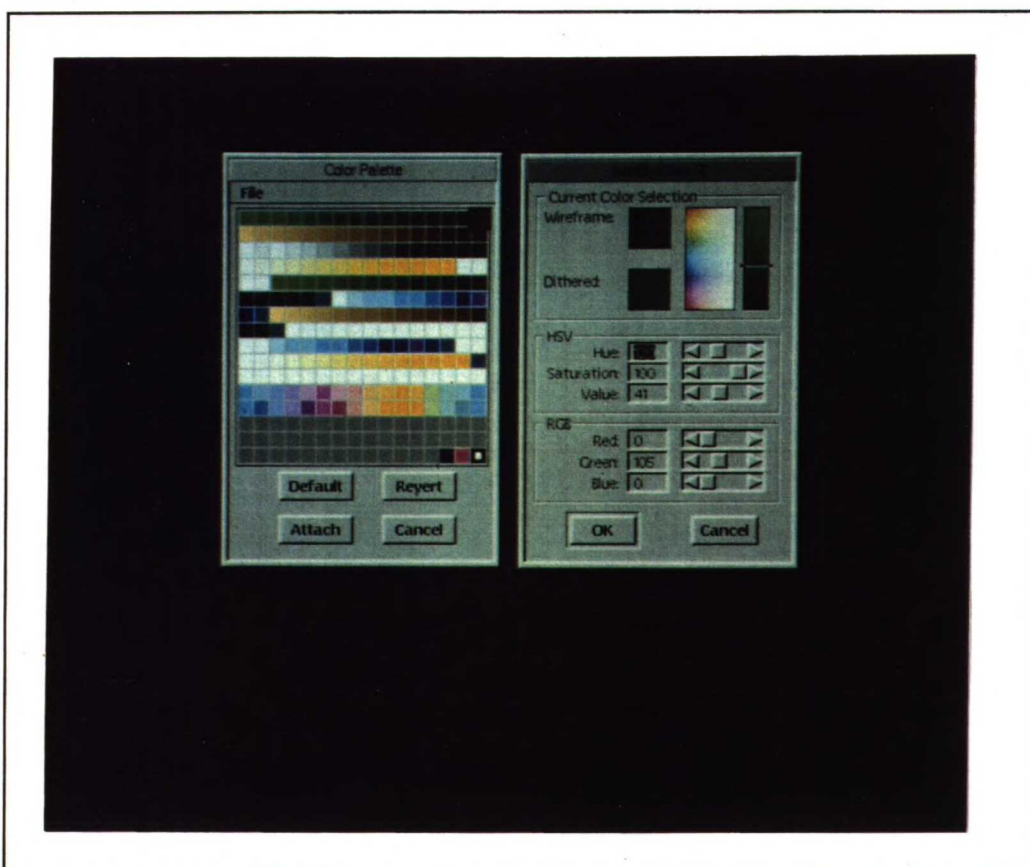
## **5.2. Koetöissä laadittuja värimalleja viivakartoille**

### **5.2.1. Värien määrittely koetöissä**

Kuvassa 5.1. nähdään MicroStation -ohjelmiston väripaletti ja dialogi, jonka avulla voidaan määrittää paletin värejä. Paletissa on 255 kuvan väriä ja taustaväri. Kuvan kohteiden värejä voidaan muuttaa osoittamalla paletista väriä, jolla ne halutaan esittää. Paletin värejä puolestaan muutetaan oikean puoleisen dialogin avulla.

Dialogin vasemmassa yläkulmassa nähdään kaksi (tässä) sinistä neliötä, joissa nähdään, miltä parhaillaan määritettävänä oleva väri näyttää kuvaruudulla rautalan-kamallissa (wireframe) ja 3D-kuvassa (dithered). Väriä voidaan muuttaa kuudella eri tavalla. Ohjelmistoon on määritetty valmiiksi ja nimetty joukko sävyjä. Niistä voidaan valita haluttu selaamalla dialogin oikeassa yläkulmassa olevaa listaa. Valittu väri näkyy heti dialogin vasemman reunan väripinnoissa.





Kuva 5.1. MicroStation-ohjelman väripaletti ja värinmäärittelydialogi.

Väri voidaan valita myös osoittamalla vasemman alakulman kaksiulotteisesta värikappaleesta haluttua sävyä. Kaikkia kirjon värejä esittävä suorakaide on HSV-värikappaleen projektio HS-tasolle. Sävy (hue) muuttuu liikuttaessa suorakaiteen sisällä pystysuoraan siten, että yläreunassa sävyn arvo on 0 (punainen) ja alareunassa 359 (purppura). Vaakasuoraan liikuttaessa muuttuu värin kylläisyysaste (saturation). Se on suurin vasemmassa reunassa, jossa esiintyy vain puhtaita sävyjä. Oikeassa reunassa puhtaus on 0 eli sävyt ovat harmaita. Suorakaiteen oikealla puolella näkyvät valitun sävyn eri tummuusasteet siten, että yläreunassa on suurin kirkkaus (value = 100) ja alareunassa musta (value = 0).

Värit voidaan määrittää myös numeroarvoilla. Oikeassa alakulmassa näkyy värin määrittely kahdessa värijärjestelmässä. Ylemmässä asteikossa nähdään jatkuvasti RGB-perusvärien ohjausarvot skaalattuna välille 0,000...1,000. Alemmaan asteikoon voidaan valita värin määrittelytapa kolmesta eri vaihtoehdosta. Se voidaan antaa RGB-järjestelmässä arvoilla, jotka on skaalattu välille 0..255, HSV-järjestelmässä tai CMY-arvoilla.

### 5.2.2. Kantakartta vaalealla taustavärillä

Kuvissa 5.1. ja 5.2. on kantakartta, jonka taustaväri on vaalea.

Vaalealla taustalla esitettävässä kantakartassa rakennukset ovat punaisia, tiestö ruskeaa, rajat mustia, korkeuskäyrät tumman vihreitä ja vesialueet sinisiä. Erilaisia maanpinnan symboleja on kuvattu eri väreillä. Taustaväri ei ole puhtaan valkoinen vaan intensiteetiltään noin 80 % siitä. Silti tiestön ja rakennusten värit näyttävät varsin samanlaisilta varsinkin, jos ne ovat lähekkäin eri puolilla mustaa rajaviivaa. Punainen ei ole kirkkain mahdollinen, vaan intensiteetiltään noin 75 % maksimista. Kirkkaampi väri erottuisi huonommin taustasta. Vaalea väri viivakartan taustalla rasittaa silmiä, jos karttaa joudutaan katsomaan pidempään. Intensiteetin laskeminen maksimista auttaa tilannetta, mutta herkimmät henkilöt tuntevat oireita silmissään tutkiessaan karttaa pidempään. Valkoisen taustan voidaan kuitenkin ajatella olevan luonnollinen taustaväri ainakin talviselle maalle.

Kuvan vesialueet koostuvat vain pienistä ojista ja käytetty sinisen sävy korostaa niitä. Jos kartassa olisi suuria vesialueita, saattaisi olla hyvä käyttää kirkasta sinistä vain yhtenäisten vesialueiden (meri, järvet, joet) rantaviivan kuvaamiseen ja esittää muut mät ja kosteat yksityiskohdat vaaleammalla sinisellä, jota kuvien kartoissa on käytetty soistuvan maan symbolissa.

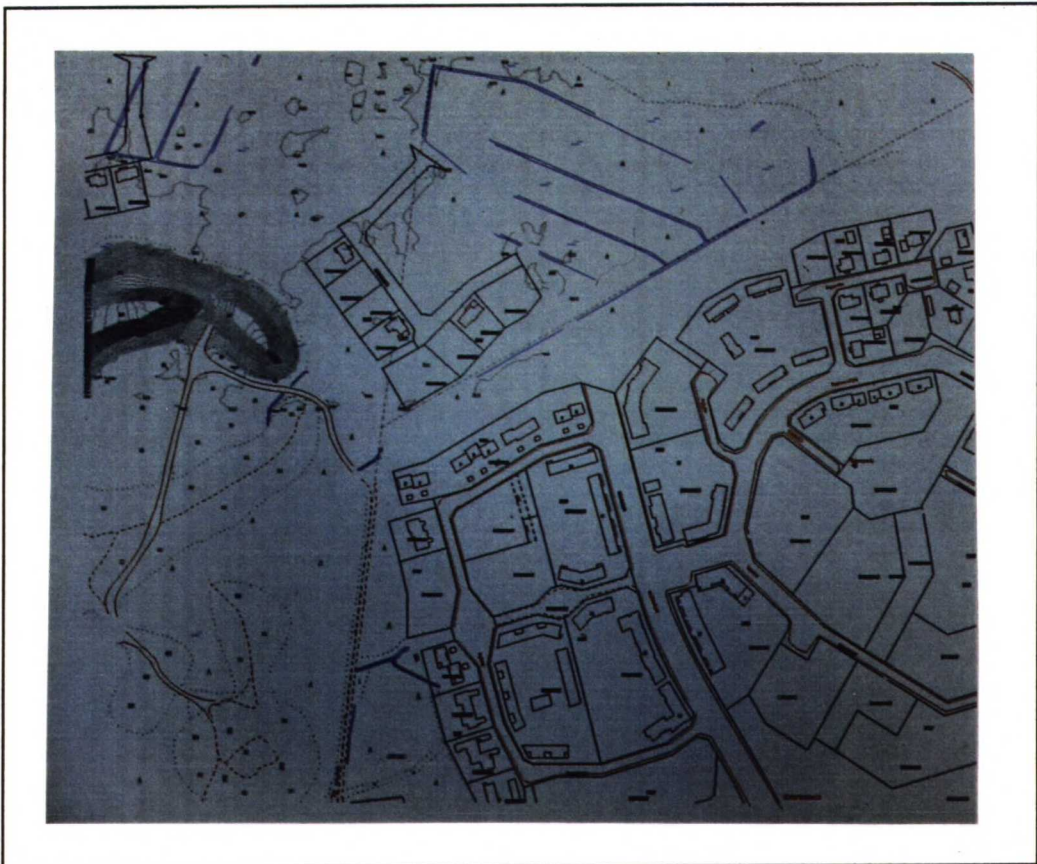
Korkeuskäyrät on kuvattu tummalla vihreällä. Koeaineiston käyräesitys rajoittui varsin suppealle alueelle, jolla käyräväli oli 0,5 m. Käyräkuvaus muodostuu liian hallitsevaksi. Tavanomaisemmalla aineistolla todettiin, että tuumahkolla vihreällä saadaan selkein ulkoasu.

### 5.2.3. Kantakartta tummalla taustavärillä

Kuvissa 5.3. ja 5.5. on kantakartta, jonka taustaväri on tumma.

Tumma taustaväri ei rasita silmiä. Se asettaa kuitenkin kartan muille väreille suuria vaatimuksia. Mustassa taustassa ohuet kohteet näyttävät ikään kuin häviävän äärettömyyteen. Tausta imee kohteiden valovoimaa. Valitsemalla kohteiden värit



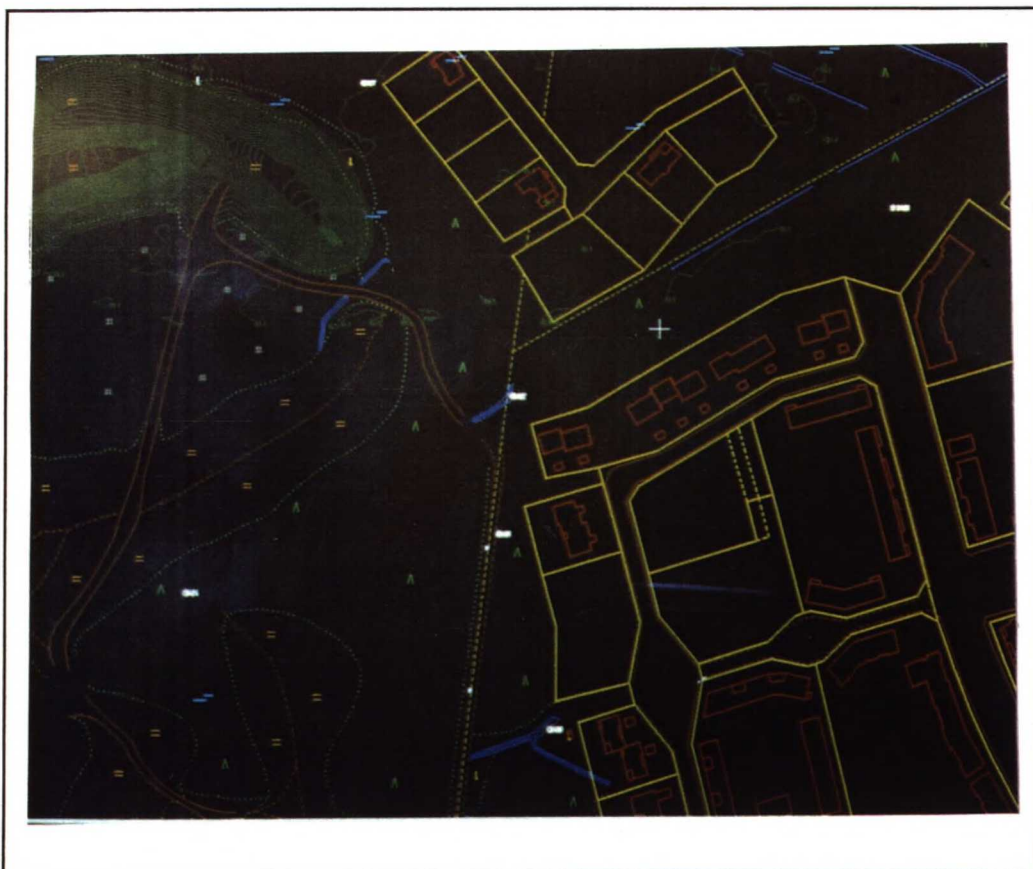


Kuva 5.2. Kantakartta vaalealla pohjalla.

Taulukko 5.1. Koetyössä tehdyt värimäärittelyt vaaleapohjaiselle kuvaruutukartalle.

TASO	(R,G,B)	(H,S,V)	VÄRI
tausta	230,230,230	0, 0, 90	valkoinen
raken- nukset	189, 0, 0	0,100, 75	tiilenpunainen
tiestö	255,128, 0	30,100,100	hiekan- tai soranruskea
rajat	0, 0, 0	0, 0, 0	musta
korkeus- tiedot	0,137, 0	120,100, 55	havumetsän vihreä
vedet tai	0, 0,255 0,166,255	240,100,100 200,100,100	taivaan sininen kirkkaan sininen

oikein saadaan kartta kuitenkin näyttämään hyvin rauhalliselta, jolloin sitä on miellyttävä katsella pitkäänkin.



Kuva 5.3. Kantakartta tummalla taustavärillä.

Kuvan 5.3. kartassa rakennukset ovat punaisia, tiestö ruskea ja rajat keltaisia. Lähekkäin olevien viivojen värit näyttävät jälleen lähestyvän toisiaan siten, että kuvan oikean alareunan korttelialueella rakennusten ja tien reunaviivojen värit näyttävät lähenevän toisiaan. Keltaiset rajat erottuvat taustasta hyvin.

Puhdas sininen erottuu usein huonosti mustasta taustasta. Tässä värin erottuminen on taattu valitsemalla hyvin kirkas ja vaalea sinisen sävy. Ojien kuvaamiseen käytetty sininen korostaa ehkä liikaakin kooltaan pieniä kohteita, joiden kuvaamiseen sopii paremmin toinen sininen sävy, jota kuvan kartassa on käytetty soistuvan alueen merkissä.

#### 5.2.4. Kantakartta harmaalla taustavärillä

Kuvassa 5.4. on kantakartta, jonka taustaväri on harmaa.

Harmaa tausta luo helposti puhtauskontrastin kohteiden värien välillä. Se tuo värivalintaan myös yhden vapausasteen lisää, sillä sekä mustaa että valkoista



Taulukko 5.2. Koetyössä tehdyt värimäärittelyt tummapohjaiselle kuvaruutukartalle.

TASO	(R, G, B)	(H, S, V)	VÄRI
tausta	48, 48, 48	0, 0, 20	musta
rakennukset	189, 0, 0	0, 100, 75	punainen
tiestö	153, 92, 31	30, 80, 60	soranruskea
rajat	204, 204, 0	60, 100, 80	keltainen
korkeustiedot	0, 137, 0	120, 100, 55	havumetsän vihreä
vedet tai	0, 98, 184 0, 166, 255	208, 100, 72 200, 100, 100	sininen kirkkaan sininen



Kuva 5.4. Kantakartta harmaalla taustavärillä.

voidaan käyttää kartan kohteissa, jos taustavärin tummuus on lähellä harmaasävyasteikon puoliväliä. Harmaa taustaväri voi kuitenkin latistaa kartan ulkonäköä, jos kohteet on esitetty hyvin kirkkailla väreillä. Harmaalla taustalla värien puhtaus korostuu ja jos värit ovat valmiiksi hyvin puhtaita, ylikorostuminen on häiritsevää.

### 5.2.5. Ylläpitäjän kantanakartta

Kuvan 5.5. kartta on esimerkki erilaiseen tarkoitukseen käytettävästä värimallista. Kartan värit näyttävät sattumanvaraisesti valituilta eivätkä ne ohjaa tavallista käyttäjää ymmärtämään kartan sisältöä. Kartan ylläpitäjälle ne sisältävät kuitenkin kartan ylläpidon kannalta tärkeää tietoa esimerkiksi kohteiden digitointiajankohdasta ja tallennustarkkuudesta tai tasosta, jolle tieto on talletettu. Tällaisen värimallin käyttäminen saattaa olla tarpeellista esimerkiksi karttatietojärjestelmän perustamisen yhteydessä. Kartan avulla voidaan seurata tietojen tallennuksen etenemistä.

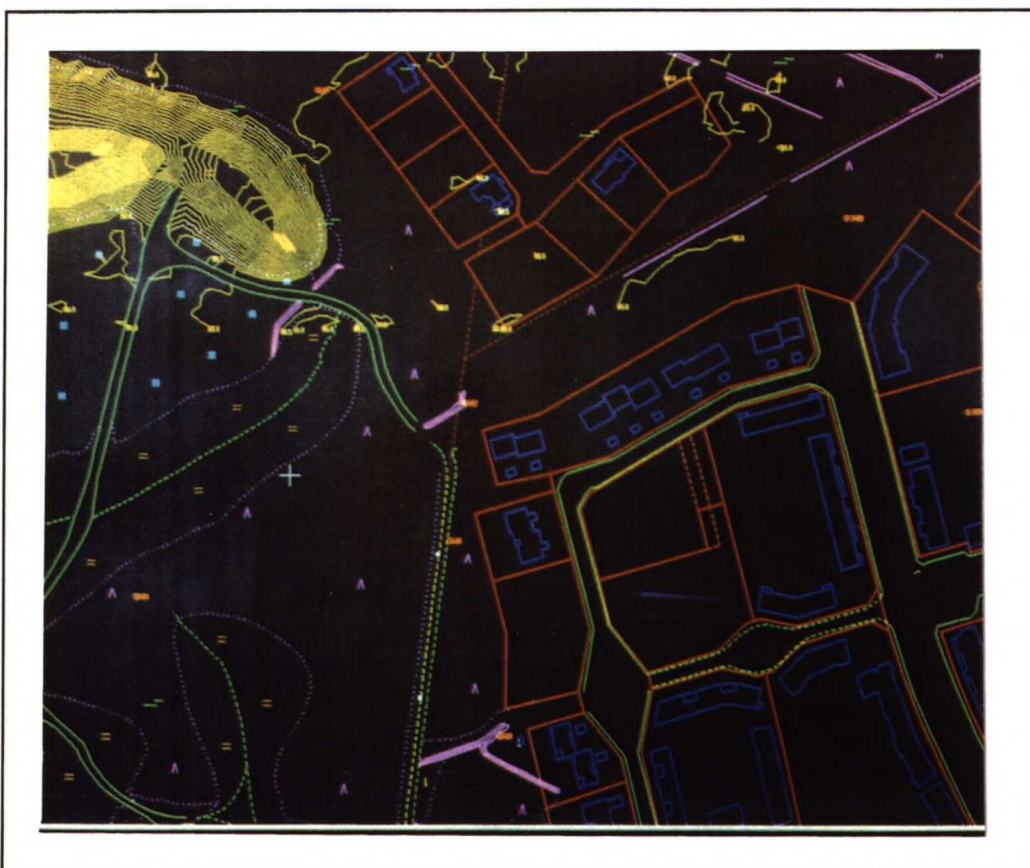
### 5.3. Ehdotus kuvaruutukantanakartan värimalliksi

Kuvassa 5.6. nähdään kuvaruudulla kuvattu kantanakartta, jonka värimalli on työn tekijän mielestä paras.

Koetöissä laadittiin lukuisia erilaisia värimalleja kantanakartan kuvaruutuesitykselle. Värimallien luomat mielikuvat ja vaikutelmat vaihtelivat suuresti riippuen monista kuvattavan kartan ominaisuuksista. Kuten edellä jo on todettu, vaikuttavat käytettävän näyttölaitteen tekniset ominaisuudet, laitteiden ympärillä vallitsevat sähkömagneettiset kentät ja työskentelytilan valaistus erittäin merkittävästi kuvaruutukartan ulkonäköön. Sen lisäksi kartasta saatavat vaikutelmat vaihtelevat kartan mittakaavan (zoomauksen), tietosisällön ja kuvaustekniikan mukaan, vaikka käytettävät värimäärittelyt pysyvät vakiona. Kun vielä otetaan huomioon, että nykyisin käytössä olevissa karttatietojärjestelmissä kuvaruutuesityksen värien muuttaminen on helppoa, ei voida pitää perusteltuna kuvaruutukartan värisuunnittelun rajoittamista yhden ainoan ratkaisumallin mukaiseksi.

Seuraavassa esitellään kantanakartan kuvaruutuesityksen värimalli, joka täytti parhaiten työn tekijän odotukset luettavuuden, tulkittavuuden ja harmonisuuden suhteen. Värimallia ja värien määrittelyä ei tule tulkita ehdottoman tarkkoina määrittelynä, mutta ne voidaan ottaa suunnittelun lähtökohdaksi ja suorittaa lopullinen arviointi visuaalisen tarkastelun perusteella.





Kuva 5.5. Kantakartta ylläpitäjän kuvaruudulla.

Taustaväriksi valittiin tumma harmaa, noin 25 % maksimi-intensiteetistä, joka luo kohteiden kanssa hyvän tummuuskontrastin, mutta mahdollistaa myös tummempien sävyjen käytön. Valittu taustaväri mahdollistaa myös ydintietojen eli rakennusten, tiestön ja rajojen edellä esitellyistä värimalleista tai tavanomaisten painettujen karttojen väreistä poikkeavan värivalinnan. Rakennukset kuvataan kirkkaan punaisella, tiet kirkkaan keltaisella ja rajat vaalean harmaalla (80 % maksimista). Värit sopivat keskenään hyvin yhteen, mutta tuottavat riittävän kontrastin, jotta niiden erottaminen toisistaan olisi helppoa. Värien suhde toisiinsa huomioiden toisaalta niiden intensiteetin ja toisaalta niiden esiintymistiheyden tai -pinta-alan on tasapainoinen. Kun taustaväri ei ole täysin musta, voidaan rakennuksiin ja tiestöön käyttää hyvin kirkkaita värejä ilman, että suuri kontrasti saa ne katoamaan tai näyttämään todellista kapeammilta. Niin ikään voidaan rajoihin käyttää harmaata, joka kyllin vaaleana erottuu taustasta, mutta ei tuota liian suurta kontrastia. Harmaan käyttö yhdessä pääelementissä kahden kirkkaan ja huomiota herättävän värin seurana tasapainottaa kartan yleisilmettä.



Kuva 5.6. Kantakartan viivaesitys kuvaruudulla luvun 5.3. ehdotuksen mukaisesti väritettynä.

Omalta osaltaan kartan yleisilmettä tasapainottaa myös tumman vihreä käyräesitys. Sävyllä on monia hyviä ominaisuuksia. Se on rauhallinen väri ja siten hyvä vastapaino pääelementtien kirkkaille väreille. Vihreä käyräesitys muodostaa hyvän taustan pääelementtien kirkkaille yksityiskohdille. Se eroaa kuitenkin taustasta riittävästi, jotta korkeustietojen yksityiskohtainenkin tarkastelu on haluttaessa mahdollista. Kartasta havaitaan myös maaston luonteen ja kartan tietosisällön vaikutus värisuunnitteluun. Tasaisessa maastossa tai rakennetulla alueella ei voida hyödyntää vihreän käyräesityksen tasapainottavaa vaikutusta, joten värisuunnittelu on tehtävä erilaisista lähtökohdista. Jos korkeuserot ovat suuria tai korkeuskäyräväli on pieni, voi korkeusesitys nousta liian hallitsevaksi ja peittää muut yksityiskohdat alleen. Ongelman ratkaisemiseksi on yleistettävä käyräesitystä tai karsittava kartan tietosisältöä.

Rantaviiva on kuvattu puhtaalla sinisen sävyllä. Se rajaa tehokkaasti alueen ja liittyy siihen mielikuvan vesielementistä. Pienemmissä veteen liittyvissä kohteissa (ojat, suot jne.) on syytä käyttää vaaleampaa ja enemmän vihreää sisältävää väriä.



Sinisen värin käytössä tummalla pohjalla on oltava varovainen, sillä varsinkin tummat sinisen sävyt eivät välttämättä erotu taustasta täydelläkään intensiteetillä.

Edellä esitellyt ratkaisut ovat varsin pitkälle sidottuja värisuunnittelun aikana vallinneisiin tekijöihin: valittuihin viivanleveyksiin ja kuvaustekniikkaan sekä kartan aluerajaukseen ja tietosisältöön. Tekstien lisääminen tai poisjättäminen tahi viivanleveyksien muuttaminen vaikuttaa heti kartan ulkoasuun. Nämä tekijät huomioiden voidaan värimallien katsoa tarjoavan lähtökohdan kuvaruudulla esitettävän viivakartan värisuunnitteluun.

**Taulukko 5.3.** Ehdotus värimäärittelyksi kuvaruudulla esitettävälle viivakartalle.

TASO	(R, G, B)	(H, S, V)	VÄRI
tausta	64, 64, 64	0, 0, 25	musta
rakennukset	255, 0, 0	0, 100, 100	punainen
tiestö	255, 255, 0	60, 100, 100	keltainen
rajat	204, 204, 204	0, 0, 80	harmaa
korkeustiedot	0, 150, 0	120, 100, 60	vihreä
vedet	0, 90, 255	220, 100, 100	sininen
yksityiskohdat	0, 166, 255	200, 100, 100	sininen

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Paikkatietojärjestelmien ja kartantuotanto-ohjelmistojen yleistymisen on tuonut kuvaruutukartat jokapäiväiseen käyttöön. Kunnat tuottavat kuvaruutuversioita mm. eri mittakaavaisista yleiskaava-, asemakaava-, ajantasa-asemakaava-, opas- ja johtokartoista. Esitysten pohjakarttana käytetään yleensä kanta- tai virastokarttaa. Kuvaruutukarttoja tuottavat ohjelmistot mahdollistavat samalla myös tuottamisen värillisinä. Kaava- ja johtokartoissa käytettävistä väreistä on säädetty Sisäministeriön päätöksellä ja SFS-standardilla. Kunnan maastokarttojen värisuunnittelua ohjaamaan ei toistaiseksi ole annettu yleisiä ohjeita.

Värien käytöllä voidaan vaikuttaa kohteesta saatavaan vaikutelmaan. Kaikkihan tietävät, että "pystyraidat hoikentavat" (Obelix, gallialainen soturi). Oikealla värien valinnalla suhteessa kartan kuvaustekniikkaan ja tietosisältöön voidaan helpottaa kartan viestintäprosessin onnistumista. Toisaalta värisuunnittelun laiminlyönti tekee muutoin onnistuneesta tiedon visualisoinnista arvottoman.

Kuvaruutukartan ja painetun kartan väliset suurimmat erot ovat esityksen dynaamisuudessa ja värien muodostamisprosessissa. Kuvaruudun värit muodostetaan additiivisesti, kun painetun kartan värit ovat subtraktiivisen värimuodostuksen tulos. Kuvaruutukartan dynaamisuus tarkoittaa sitä, että kartan ulkoasua voidaan muuttaa tarkastelun kuluessa joko kartan laatijan päättämällä tavalla tai interaktiivisesti käyttäjän valintojen mukaan.

Kuvaruutukartan värien ulkoasuun vaikuttavat kartan tuottamisprosessin sisäisten tekijöiden lisäksi myös ulkoiset tekijät. Näitä ovat visualisointiin käytettävä näyttölaite ja ohjelmisto sekä näyttölaitteeseen kohdistuvat sähkömagneettinen säteily ja ulkoinen valaistus. Ulkoisten tekijöiden vaikutus on niin voimakas, että värisuunnittelun tulokset on arvioitava aina jokaisessa käyttötilanteessa ja -ympäristössä erikseen. Värimalleja ei voi suoraan siirtää laitteesta ja ympäristöstä toiseen varmistumatta tuloksen sopivuudesta uuteen tilanteeseen. Värimallien arviointi on aina suoritettava viime kädessä visuaalisesti.

Kuvaruutukartan värien muuntelu on yleensä helppoa ja nopeaa, jos kartta tuotetaan paikkatieto-ohjelmistolla. Karttojen käyttäjien on tällöin mahdollista laatia itseään miellyttäviä värimalleja. Järjestelmään voidaan esimerkiksi tallettaa jokaiselle käyttäjälle oma väripaletti, jonka avulla hän voi määrätä kuvaruudun näkyvien kohteiden värit. Esimerkiksi korkeuskäyrät voivat toisen käyttäjän kartassa olla vihreät ja toisen kartassa ruskeat. Tällä tavoin voidaan huomioida käyttäjien mieltymykset erilaisiin väriyhdistelmiin tai heidän värinäössään olevat heikkoudet.

Värisuunnittelua ei saa kuitenkaan jättää kokonaan käyttäjän vastuulle. Hänellä ei välttämättä ole aikaa paneutua värisuunnitteluun ja toisaalta ihminen tottuu erilaisiin väriyhdistelmiin, niin ettei enää pidä värisuunnittelua tarpeellisena.



Käyttäjällä on oltava mahdollisuus soveltaa valmiiksi suunniteltua värimallia, jossa on otettu huomioon värisuunnittelun yleisimmät perusperiaatteet. Tarjolla voi olla esimerkiksi kaksi perusvärimallia; tummalle ja vaalealle taustaväriille. Näihin voidaan kohteiden väreiksi valita perusvärien tavallisimmat sävyt, mutta siten, että värit varmasti erottuvat toisistaan ja taustasta. Tällä voidaan välttää esimerkiksi valitettavan usein CAD- ja karttaohjelmissa esiintyvä sininen viiva mustalla pohjalla. Käyttäjä voi itse halutessaan jatkaa suunnittelua ja vaikkapa valita perusväreistä itseään eniten miellyttävät sävyt.

## 7. YHTEENVETO

Kartan käyttäjät ovat saaneet paperikartan rinnalle uuden median, kuvaruutukartan. Monet julkiset yhteisöt tuottavat kuvaruutukarttoja paitsi ammattilaisten myös tavallisten ihmisten käyttöön. Kuvaruutukarttojen yleistyessä kiristyvät myös niiden kuvaustekniikkaan kohdistuvat vaatimukset. Erityisesti kuvaruudulla esitettäväksi tuotettavien karttojen kuvaustekniikassa ja värisuunnittelussa hyödynnettävä tietämys on vielä puutteellista.

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia värillisten kuvaruutukarttojen käyttöä vektormuotoisen numeerisen aineiston visualisoinnissa ja selvittää olemassa olevien teorioiden soveltuvuutta kuvaruutukarttojen värisuunnittelua ohjaamaan. Koetyönä laaditiin erilaisia värimalleja Joensuun kaupungin kantakartta-aineiston visualisoinniseksi.

Työ osoitti, että kuvaruutukarttojen värisuunnittelua ohjaavan teorian puuttuessa voidaan toistaiseksi soveltaa sekä painetun kartan värisuunnitteluun liittyvää kartografista tietämystä että tietotekniikan alan tutkimustuloksia tietokonegrafiikasta ja näyttöpäätteiden ergonomiasta, kun huomioidaan kuvaruutukartalle ominaiset erityispiirteet.

Värimallien suunnittelu ja muuntelu on nykyisissä paikkatieto-ohjelmissa helppoa, joten tiedon käyttäjille voidaan antaa laajat mahdollisuudet laatia itse mieleisiään värimalleja. Värisuunnittelua ei kuitenkaan saa jättää kokonaan käyttäjän vastuulle, vaan tarjolla on oltava valmis huolellisesti suunniteltu värimalli.

Kuvaruutukartan värisuunnittelussa on lisäksi muistettava värimallien visuaalisten ominaisuuksien laitteistoriippuvuus. Sovellettaessa valmiita värimalleja eri laiteympäristöissä on aina varmistuttava värimallin käyttökelpoisuudesta visuaalisesti.



## LÄHTEET:

- Albers, Josef. Värien vuorovaikutus. Vapaa taidekoulu. Helsinki, 1979.
- Andersson, R., Fontell, M., Kymäläinen, L. AIKAD. Maanmittauksen tietojenkäsittelyn ohjelmatyö. TKK, Geodesian ja kartografian laboratorio, 1991.
- Artimo, K. Teemakartalta keinotodellisuuteen - paikkatietojen visualisointia. Positio nro 4/1993.
- Artimo, K. The Bridge between Cartographic and Geographic Information Systems. Taylor & MacEachren (editors), Visualization in modern cartography. 1994.
- Bertin, J. Graphische semiologie. Walter de Gruyter. Berlin, 1974.
- Brewer, C. A. The Prediction of Surround-Induced Changes in Map Color Appearance. Väitöskirja. Michigan State University, Department of Geography, 1991.
- Brodie, K. W., Carpenter, L. A., Earnshaw, R. A., Gallop, J. R., Hubbold, R. J., Mumford, A. M., Osland, C. D., Quarendon, P. (Editors). Scientific Visualization Techniques and Applications. Springer Verlag. Berlin, 1992.
- Brown, A., Elzakker, C. P. J. M., van. The Use of Colour in the Cartographic Representation of Information Quality Generated by a GIS. ICA 1993, vol. 2, ss. 707-720.
- Fieandt, K., von. Havaitsemisen maailma. Werner Söderström Osakeyhtiö. Porvoo, 1972.
- Hall, R. Illumination and Color in Computer Generated Imaginary. Springer-Verlag. New York, 1989.
- Halonen, L., Lehtovaara, J. Näyttöpäätteet, työympäristö ja valaistus. Sähköurakoitsijaliiton Koulutus ja Kustannus Oy. Espoo, 1989.
- Hearn, D., Baker, M. P. Computer Graphics. Prentice-Hall International. London, 1986.
- Hobbs, D. An Introduction to Computer Color Graphics. Esite. 1987.

Imhof, E. Cartographic Relief Presentation. de Gruyter. Berlin, 1982.

Järveläinen, P. (toim.). Tieteellisen laskennan grafiikkaopas. Yliopistopaino. Helsinki, 1993.

Keates, J. S. Understanding maps. Longman. Lontoo, 1982.

Kuntaliitto. Maastotiedon luokittelu. Helsinki, 1994.

Maanmittaushallitus. 1983. Kaavoitusmittausohjeet. Maanmittaushallituksen julkaisu nro 49.

Oittinen, P. Digitaalinen julkaisutekniikka ja kuvatulostus. Maanmittaustieteiden seuran julkaisu n:o 28, ss. 45-53. Helsinki.

Rihlma, S. Värioppi. 2. painos. Rakennuskirja Oy. Helsinki, 1985.

Sainio, R. Kuvaruutukartta ja sen kuvaustekniikka. Geodesian ja kartografian laboratorion julkaisu. Kartografia ja paikkatietojärjestelmät/1:1992. Espoo, 1992.

Sisäasiainministeriö, Kaavoitus- ja rakennusosasto. Asema- ja rakennuskaavamerkinnät. Kaavoitusohjeita 1/1980. Valtion painatuskeskus. Helsinki, 1980.

Sisäasiainministeriö, Kaavoitus- ja rakennusosasto. Yleiskaavamerkinnät ja -määräykset. Kaavoitusohjeita 2/1980. Valtion painatuskeskus. Helsinki, 1980.

Spiess, E. Lectures in Thematic Cartography - Graphical Aspects of Thematic Mapping. Nordisk kartografisk sommarkurs. Kiruna, 1993.

Suomen kaupunkiliitto. Maastotiedot kunnan teknisessä suunnittelussa. Helsinki, 1992.

Suomen standardisoimisliitto. Maanalaisten johtojen kartta. Piirrosmerkit, esitys- ja valmistustavat. Standardi SFS 3161. Helsinki, 2.9.1982.

Tuukkanen, K. Haja-asutusalueen opaskartta ja sen numeerinen tuotantoprosessi. Diplomityö, Teknillinen Korkeakoulu, Geodesian ja kartografian laboratorio. Otaniemi, 1992.



Työterveyslaitos. Värinäytön suunnittelu: väri ja värinäkeminen. Ergonomia-tiedote 2/1985.  
Helsinki.

Työterveyslaitos. Värinäytön suunnittelu: värien käytön ohjeet. Ergonomia-tiedote 3/1985.  
Helsinki.